

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES**



Dissertação

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE BIÓTIPOS DE ARROZ EM FUNÇÃO DA
UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS IMIDAZOLINONAS**

André Oliveira de Mendonça

Pelotas, 2013

André Oliveira de Mendonça

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE BIÓTIPOS DE ARROZ EM FUNÇÃO DA
UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS IMIDAZOLINONAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Professor Dr. Dirceu Agostinetto, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do Título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Agostinetto
Coorientador: Dr. Géri Eduardo Meneghello

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:
Maria Beatriz Vaghetti Vieira – CRB 10/1032
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

M539c

Mendonça, André Oliveira de

Comportamento de sementes de biótipos de arroz em função da utilização de herbicidas imidazolinonas / André Oliveira de Mendonça. – 63f. – Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Área de concentração em Fitotecnia. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas, 2014. – Orientador Dirceu Agostinetto; co-orientador Géri Eduardo Meneghello.

1.Sementes. 2.Arroz. 3.*Oryza sativa*. 4.Planta daninha. 5.Análise de sementes. 6.ALS. I.Agostinetto, Dirceu. II. Meneghello, Géri Eduardo. III. Título.

CDD: 633.18

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Lilian Madruga de Tunes

Prof. Dr. Sidnei Deuner

Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello
(Coorientador)

Prof. Dr. Dirceu Agostinetto
(Orientador)

Dedico este trabalho à minha esposa, minha mãe e meu pai, que com carinho, sabedoria e dedicação sempre estiveram ao meu lado me apoiando e fortalecendo nas horas difíceis.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Vânia, pelo amor e carinho incondicionais, por me fornecer inspiração e por estar sempre presente durante todas as etapas desta pesquisa com incansável disposição, dedicação e incentivo, não me deixando desanimar para que eu pudesse concluir esta etapa;

A minha mãe Marisa e meu pai João Carlos por terem me concedido a vida e me dado todo carinho, amor, educação e suporte que possibilitaram trilhar este caminho;

Aos meus irmãos Leandro Oliveira de Mendonça e Airton Oliveira de Mendonça;

Ao meu orientador Prof^o Dr. Dirceu Agostinetti, pelo apoio e por todos os ensinamentos para realização deste trabalho;

Ao meu coorientador Dr. Géri Eduardo Meneghello pelo apoio e confiança demonstrado;

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Aos amigos e colegas Lizandro Ciciliano Tavares, Sandro de Oliveira, Elisa Lemes e Letícia Winke Dias pela amizade e auxílio na execução dos experimentos;

Ao amigo e colega André Pich Brunes que além de me incentivar no ingresso na UFPel, também me ajudou na execução deste trabalho;

Aos estagiários Igor Dias Leitzke, Grégor D'Avila Allgayer e Caio Sippel Dör, pelo apoio e ajuda nos experimentos;

Aos amigos Evandro Fonseca, Renan Marques, Emerson Madeira, Roger Figueiredo, Sandro Sell Borba e Ivana D'Avila pela amizade e compreensão nesta caminhada;

Ao ex-chefe e amigo Dr. João Rodrigo Gil pelo apoio e incentivo;

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para que este momento fosse possível.

Resumo

Mendonça, André Oliveira. **Comportamento de sementes de biótipos de arroz em função da utilização de herbicidas imidazolinonas**, 2013. 63f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O objetivo do trabalho foi desenvolver metodologia rápida e eficiente para identificação de sementes de arroz-vermelho resistente aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase e avaliar o tempo para superação da dormência de sementes de arroz-vermelho. Utilizaram-se dois biótipos de arroz-vermelho, sendo um resistente (General Câmara, RS) e outro suscetível (Cachoeirinha, RS) a imazapir + imazapic (Kifix®), herbicida inibidor da acetolactato sintase, e duas cultivares de arroz, Puitá INTA CL e IRGA 417, resistente e suscetível, respectivamente. Para a avaliação da dormência, as sementes de arroz-vermelho foram obtidas no Centro Agropecuário da Palma (CAP), UFPel, Capão do Leão. Os resultados demonstraram que o substrato papel mata-borrão é o mais eficiente para a diferenciação de biótipos quanto a suscetibilidade. A utilização de óleo mineral promove incremento na eficácia do herbicida, independente do biótipo. A dose de 60% da dose comercial é a mais indicada a ser utilizada. As sementes de arroz-vermelho suscetível e a cultivar IRGA 417 apresentaram suscetibilidade ao herbicida do grupo químico das imidazolinonas, enquanto os biótipos arroz-vermelho resistente e Puitá INTA CL demonstraram alta resistência a essa classe de herbicida. A utilização de herbicida diminuiu a porcentagem de plântulas normais de todos os biótipos utilizados. O biótipo de arroz-vermelho resistente apresentou maior germinação e vigor que os demais, seguido do Puitá INTA CL. Variações na temperatura de germinação, abaixo da considerada ótima, reduzem a germinação de sementes de arroz e arroz-vermelho. As sementes de arroz-vermelho coletadas no Centro Agropecuário da Palma apresentaram alta dormência, sendo que 60 dias após a coleta não foram suficientes para a superação total desta condição.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, planta daninha, análise de sementes, ALS.

Abstract

Mendonça, André Oliveira. **Behavior of seeds of rice biotypes due to the use of imidazolinone herbicides**, 2013. 63f. Master of Seed and Science Technology – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The objective was to develop a methodology for quick and efficient identification of red rice seeds resistant to herbicides inhibiting acetolactate synthase and time to break dormancy of seeds of red rice. Used two biotypes of red rice, one resistant (General Câmara, RS) and a susceptible (Cachoeirinha, RS) to imazapic + imazapyr (Kifix®), acetolactate synthase-inhibiting herbicide, and two rice cultivars, Puitá INTA CL and IRGA 417, resistant and susceptible, respectively. For the evaluation of dormancy, the seeds of red rice were obtained from the Agricultural Center of Palma (CAP), UFPel, Capão do Leão. The results showed that the substrate blotter paper is the most efficient for the differentiation of susceptibility biotypes. The use of mineral oil promotes an increase in the effectiveness of the herbicide, regardless of the biotype. The dose of commercial 60% of the dose is more appropriate to be used. The seeds of red rice and susceptible cultivar IRGA 417 showed susceptibility to the herbicide of the imidazolinone chemical group, while biotypes resistant red rice and Puitá INTA CL showed high resistance to this class of herbicide. The use of herbicide decreased the percentage of normal seedlings of all cultivars. The biotype resistant red rice showed higher germination and vigor than the others, followed by the Puitá INTA CL. Variations in germination temperature below the considered optimal, reduce germination of rice and red rice. The seeds of red rice collected in the Agricultural Center of Palma showed high numbness, and 60 days after collection were not enough to overcome this condition overall.

Keywords: *Oryza sativa*, weed, seed analysis, ALS.

Lista de Figuras

Figura 1 - Índice de velocidade de germinação de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	28
Figura 2 - Primeira contagem de germinação de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	31
Figura 3 - Germinação de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	31
Figura 4 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não adjuvante. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	33
Figura 5 - Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não adjuvante. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	35
Figura 6 - Germinação (G) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não adjuvante. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	35
Figura 7 - Índice de velocidade de germinação (A), primeira contagem de germinação (B), germinação (C) e viabilidade (D) de sementes de arroz-vermelho dormentes avaliadas em diferentes dias após a coleta (DAC), sem utilização de fungicida. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	49

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de biótipos de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), e arroz Puitá INTA CL e IRGA 417. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	25
Tabela 2 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	27
Tabela 3 - Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013...	29
Tabela 4 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não óleo mineral. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	32
Tabela 5 - Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013....	34
Tabela 6 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de biótipos de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), IRGA 417 e Puitá INTA CL submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Maio de 2013. FAEM/UFPeI, Capão do Leão.	42
Tabela 7 - Primeira contagem de germinação (PCG) de biótipos de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), IRGA 417 e Puitá INTA CL submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Maio de 2013. FAEM/UFPeI, Capão do Leão.	44

Tabela 8 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de biótipos de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), IRGA 417 e Puitá INTA CL submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Junho de 2013. FAEM/UFPeI, Capão do Leão.	45
Tabela 9 - Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de biótipos de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), IRGA 417 e Puitá INTA CL submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Junho de 2013. FAEM/UFPeI, Capão do Leão.	47
Tabela 10 - Índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G) e viabilidade de sementes de arroz-vermelho dormentes por tetrazólio (TZ) avaliadas em diferentes dias após a coleta (DAC), utilizando fungicida. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2013.	50

Lista de Anexos

Anexo 1 - Avaliação da temperatura, efetuada diariamente, do experimento 1 em temperatura não controlada, capítulo II, em maio (A) e junho (B). FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.	62
---	----

Sumário

1 Introdução	14
2 Capítulo I - Teste rápido para detecção de sementes de arroz-vermelho resistente a herbicida inibidor da enzima acetolactato sintase	19
2.1 Introdução	19
2.2 Material e métodos	21
2.3 Resultados e discussão	24
2.4 Conclusões	36
3 Capítulo II - Avaliação da Qualidade fisiológica e da dormência de sementes de biótipos de arroz cultivado e vermelho	37
3.1 Introdução	37
3.2 Material e métodos	39
3.3 Resultados e discussão	41
3.4 Conclusões	51
4 Conclusões	53
5 Referências	54
6 Anexos	62

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura de importância social e econômica, sendo um dos principais cereais produzidos no mundo e considerado pela Organização Mundial de Alimentação e Agricultura (FAO) o alimento básico para mais da metade da população mundial. A cultura do arroz irrigado assume grande importância no Rio Grande do Sul (RS), pois na safra de 2012/13 foram cultivados aproximadamente 1,1 milhão de hectares, sendo o Estado responsável por 66% da produção nacional (CONAB, 2013a).

A produtividade média de grãos obtida na última década no RS, foi de aproximadamente 6,9 t ha⁻¹, enquanto que a média nacional, no mesmo período, foi de 4,2 t kg ha⁻¹ (CONAB, 2013b). No entanto, essa produtividade está aquém das obtidas em áreas experimentais. Entre os fatores bióticos que podem limitar o potencial de produtividade do arroz irrigado, destaca-se a interferência ocasionada pelas plantas daninhas, principalmente aquelas habituadas a sobreviverem em ambiente inundado (AGOSTINETTO et al., 2010).

Dentre as principais espécies daninhas que infestam as lavouras de arroz no Estado destaca-se o arroz-vermelho, por ser de difícil controle, uma vez que pertence a mesma espécie do arroz cultivado. As perdas diretas decorrentes da competição exercida pelo arroz-vermelho são estimadas em cerca de 20% (SOUZA e FISCHER, 1986). Já, as perdas indiretas, como elevação do custo de produção, depreciação do valor comercial das áreas de cultivo e depreciação comercial do produto colhido, reduzem ainda mais a rentabilidade da lavoura (MENEZES e SILVA, 1998).

O grau de interferência exercido pelo arroz-vermelho varia com o nível de infestação, as condições edafoclimáticas, as características do cultivar, o período de convivência com a cultura e o biótipo encontrado na área (AGOSTINETTO et al., 2001; SANCHEZ-OLGUÍN et al., 2007). O controle químico do arroz-vermelho é atualmente

a principal alternativa para a diminuição de sua infestação nas lavouras de arroz irrigado. Esse controle pode ocorrer através da aplicação de herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS).

A enzima ALS é a primeira na via metabólica de biossíntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia ramificada leucina, valina e isoleucina. Imidazolinonas, sulfoniluréias, triazolopirimidina sulfonanilidas e pirimidil-oxi-tiobenzoato são os principais grupos químicos de herbicidas que inibem essa enzima (LEITE et al., 1998). Os herbicidas integrantes do grupo das imidazolinonas são o imazapyr, imazapic, imazethapyr, imazamox, imazamethabenz e imazaquin, que contêm em suas moléculas uma estrutura em comum, o imidazol (TAN et al., 2005).

A utilização de cultivares de arroz resistente a herbicidas imidazolinonas tem sido uma importante ferramenta de controle do arroz-vermelho, permitindo aos agricultores o controle seletivo. Desenvolvidas inicialmente na Estação Experimental de Crowley, na Universidade de Louisiana, EUA, essas plantas foram obtidas através de mutação induzida por radiação gama e/ou transformação química por etil metanossulfonato – EMS, posteriormente, a característica foi introduzida em cultivares comerciais através de retro-cruzamento (CROUGHAN, 1998). O desenvolvimento de biótipos tolerantes a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, tecnologia denominada Sistema Clearfield®, tornou-se uma ferramenta eficiente para o manejo do arroz-vermelho.

No Brasil, a tecnologia Clearfield® começou a ser utilizada pelos produtores na safra 2003/04. Estima-se que aproximadamente 60% da área produzida no RS na safra 2012/13 utilizaram o Sistema Clearfield® (BASF, 2013). Resultados de pesquisa obtidos no RS, o Sistema Clearfield® tem mostrado eficácia superior a 95% no controle de arroz-vermelho (FLECK et al., 2003). O incremento de produtividade da lavoura de arroz irrigado no RS nos últimos anos tem sido atribuído principalmente ao uso deste sistema, a qual pode ser considerada a mais importante ferramenta disponibilizada aos produtores para controle químico do arroz-vermelho.

Contudo, o uso inadequado desta tecnologia em muitas lavouras do RS, como o cultivo por mais de duas safras e principalmente o não controle de escapes de plantas de arroz-vermelho (não controladas pelo herbicida), além de o uso continuado de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, pode ocasionar a seleção de indivíduos resistentes na população. Da mesma forma, a presença de cultivares de arroz resistentes próximas a biótipos de arroz-vermelho cria a oportunidade para a

ocorrência de fluxo gênico e, em decorrência, o surgimento de resistência (RAMIREZ, 2003). Nessa ótica, fica evidente que o uso contínuo do sistema Clearfield® nas áreas de arroz irrigado pode favorecer o desenvolvimento de populações de arroz-vermelho resistentes aos herbicidas do grupo das imidazolinonas.

Aos produtores que adotam o sistema Clearfield®, a recomendação é que, após o segundo ano de cultivo, o agricultor faça rotação com outra cultura, quando possível, ou deixe a área em pousio, ou retorne com alguma cultivar de arroz convencional. Porém, por razões variadas, nem sempre essa recomendação é seguida. Portanto, diagnosticar a resistência em uma população de plantas daninhas de forma rápida, eficaz e precisa ajuda a prevenir a disseminação de sementes resistentes na área, evitando problemas futuros.

Mundialmente, têm sido desenvolvidos diversos métodos para diagnosticar a resistência em várias espécies daninhas (VIDAL e MEROTTO Jr., 1999; ELEFTHEROHORINOS et al., 2000; BOUTSALIS, 2001; TUESCA e NISENSOHN, 2001; DELYE et al., 2002; SIMINSZKY et al., 2005). Alguns métodos mostram-se mais vantajosos para determinadas situações em que, por exemplo, há limitação de recursos; já outros são mais sofisticados e requerem mão de obra especializada. O importante é que sejam precisos e certifiquem a ocorrência de biótipos resistentes.

A comprovação científica da resistência de populações de plantas daninhas aos herbicidas pode ser feita através de ensaios de campo, casa de vegetação e laboratório. A campo ou casa de vegetação, podem ser conduzidos estudos de curva dose resposta, o qual embora tenha grande aceitação e precisão é demorado e oneroso.

Em laboratórios de análises de sementes, vêm sendo utilizados testes de resistência a herbicidas, paralelamente com testes de germinação, chamados de bioensaios, que foram utilizados e descritos por BEVILAQUA et al. (2000), AYALA et al. (2002), LILGE et al. (2003), MIRANDA (2004) e TILLMANN e WEST (2004). Os bioensaios são práticos, eficientes, de baixo custo e podem ser implantados em análises de rotina de laboratório de análise de sementes. Podem ser conduzidos da seguinte maneira: pré-embebição em substrato com herbicida, embebição em substrato umedecido com herbicida, imersão das sementes em solução herbicida ou pulverização de plântulas.

Os testes estão fundamentados na caracterização morfológica das plântulas formadas no substrato umedecido com herbicida, executados de forma semelhante

ao teste de germinação. No entanto, ainda não há metodologia definida, e vários fatores podem afetar o processo de germinação das sementes submetidas a doses de herbicidas.

O substrato utilizado é um fator que apresenta grande influência na germinação de sementes, pois características como aeração, estrutura, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos, entre outros, podem variar de um substrato para outro, favorecendo ou prejudicando a germinação (POPINIGIS, 1985). Portanto, o tipo de substrato utilizado deve ser adequado às exigências fisiológicas de germinação, tamanho e forma da semente (BRASIL, 2009).

A temperatura afeta diretamente a condução do teste, tanto para porcentagem como para velocidade de germinação, pois controla a velocidade de absorção de água e as reações bioquímicas que determinam o processo. As sementes são capazes de germinar sob ampla faixa de temperatura, entretanto cada espécie apresenta um limite com temperatura máxima e mínima, acima e abaixo das quais a germinação não ocorre. É considerada temperatura ótima a temperatura na qual obtém-se o maior potencial de germinação, no mais curto espaço de tempo (PIÑA-RODRIGUES et al., 2007).

Outro fator relevante é a utilização de adjuvantes na calda herbicida, pois estes têm como função melhorar a eficácia da aplicação. No entanto, a interação entre o adjuvante e o agrotóxico é um processo complexo, que envolve muitos aspectos físicos, químicos e fisiológicos, variando para cada condição analisada (RAMSDALE e MESSERSMITH, 2001). Óleos, acrescidos de emulsificantes e outros componentes, tem grande uso como adjuvantes às caldas de herbicidas. Dentre as suas principais vantagens, pode-se destacar a maior facilidade de penetração do herbicida através da célula (DURIGAN e CORREA, 2008).

A dormência das sementes pode afetar os resultados dos bioensaios. Por serem da mesma espécie, tanto as sementes de arroz branco como as de arroz-vermelhos, apresentam dormência quando recém-colhidas, ou seja, não germinam, mesmo em presença de condições necessárias para tal, como água, luz, temperatura e oxigênio (FONSECA et al., 2007). As sementes de arroz-vermelho, geralmente apresentam grau de dormência variável, de acordo com os diferentes biótipos e suas causas não estão bem definidas (MENEZES et al., 1995).

A presença de inibidores da germinação, como o ácido abscísico, temperaturas do ar igual ou acima de 30°C a partir de dez dias após a floração e a impermeabilidade

ao oxigênio do complexo casca (lema e pálea) e pericarpo, são considerados como as principais causas da dormência das sementes de arroz (FONSECA et al., 2001).

Em vista do exposto, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver uma metodologia rápida para avaliação de sementes de arroz-vermelho resistente a herbicidas imidazolinonas, através da adequação do substrato, condições de germinação, utilização de adjuvante e período de dormência das sementes.

2. CAPÍTULO I - Teste rápido para detecção de sementes de arroz-vermelho resistente a herbicida inibidor da enzima acetolactato sintase

2.1. Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) produz aproximadamente 66% do arroz do país, notadamente irrigado, que tem elevada produtividade, comparada ao arroz de terras altas (CONAB, 2013a). No entanto, o fator que mais se destaca como limitante para o aumento do potencial de produtividade é o controle insatisfatório de plantas daninhas, especialmente do arroz-vermelho, considerado a principal planta daninha de áreas cultivadas com arroz irrigado (AGOSTINETTO et al., 2001).

Devido ao fato do arroz-vermelho ser semelhante morfofisiologicamente ao arroz cultivado, os herbicidas utilizados tradicionalmente são ineficientes no controle desta planta daninha. Além disso, o arroz-vermelho apresenta degrane natural e elevado grau de dormência das sementes, dificultando ainda mais seu controle (NOLDIN et al., 1999).

A partir do desenvolvimento do arroz resistente ao grupo químico das imidazolinonas, tecnologia denominada Sistema Clearfield®, tornou-se possível o manejo do arroz-vermelho de forma eficiente, permitindo aos agricultores o controle seletivo. As cultivares utilizadas nesse sistema são portadoras de gene que confere resistência a herbicidas como o Kifix® (imazapir + imazapic, 525 + 175 g kg⁻¹). A partir dessa ferramenta, a semeadura na época mais adequada e a utilização de doses de adubos conforme as recomendações tornam-se possíveis devido a ausência da planta daninha, sendo estes fatores essenciais para o aumento da produtividade na cultura do arroz irrigado (MENEZES et al., 2004).

Apesar de proporcionar grande vantagem na cultura do arroz, a adoção de biótipos resistentes aos herbicidas implica na observação de aspectos relacionados

à seleção de populações de arroz-vermelho resistentes. Um dos problemas que pode ocorrer no sistema Clearfield® é o fluxo de genes ou a resistência natural em plantas de arroz-vermelho, prejudicando a eficiência do mesmo (LOPES et al., 2007). Diante disso, fica evidente que o uso contínuo desse sistema nas áreas de arroz irrigado pode favorecer o desenvolvimento de populações de arroz-vermelho resistentes aos herbicidas.

Em estudos de monitoramento, das 228 lavouras do Estado do RS, com suspeita de arroz-vermelho resistente aos herbicidas do grupo das imidazolinonas foi constatado que em 55,7% delas identificou-se indivíduos resistentes aos herbicidas imazetapir + imazapic (MENEZES et al., 2009a). Em virtude da elevada frequência do surgimento de plantas de arroz-vermelho resistentes a imidazolinonas, tem-se a necessidade de desenvolvimento de métodos rápidos e eficientes para a identificação de indivíduos resistentes, com vistas a identificar precisamente as áreas onde essa ferramenta de controle não está sendo eficaz e com isso adotar práticas de manejo que permitam evitar que o biótipo resistente seja disseminado. O diagnóstico preciso de plantas daninhas resistentes é essencial para nortear modificações no seu manejo, devendo ser inequívoco e rápido, permitindo maior agilidade e eficiência das medidas a serem implantadas (BECKIE et al., 2000). A maioria dos experimentos clássicos de identificação requerem muito espaço e tempo para a sua execução, além de onerosos e não expeditos, e assim, inadequados para analisar um grande número de amostras (VIDAL et al., 2006). Assim sendo, se faz necessário abordagens mais expeditas para a identificação de biótipos resistentes.

A utilização de bioensaios com sementes, órgãos da própria planta sob suspeita e com a enzima-alvo, dentre outros, podem ser usados para a identificação de plantas resistentes aos herbicidas (BECKIE et al., 1990, 2000; MEROTTO JR et al., 2009). Sementes de *Euphorbia heterophylla* com resistência múltipla aos inibidores da enzima acetolactatosintase (ALS) e protoporfirinogeno oxidase (PROTOX) foram utilizadas em bioensaios de germinação, onde essas foram depositadas em placas de Petri contendo diferentes concentrações dos herbicidas imazetapir e fomesafen, e em apenas 144 horas foi possível discriminar os biótipos resistentes e suscetíveis. No entanto, a utilização de bioensaios requer a determinação das condições ideais que proporcionem a correta discriminação entre indivíduos resistentes e suscetíveis, podendo variar conforme as condições de crescimento das plantas, da espécie a ser avaliada, do substrato, do herbicida, da utilização de adjuvante e da concentração do

herbicida a ser utilizado.

O objetivo deste trabalho foi testar uma nova metodologia rápida e eficiente para identificação de sementes de arroz-vermelho resistente aos herbicidas inibidores da enzima ALS.

2.2. Material e Métodos

O estudo foi composto por três experimentos, sendo que o primeiro verificou a qualidade fisiológica das sementes dos biótipos utilizados (experimento 1); o segundo o melhor substrato (experimento 2); e, o terceiro a utilização ou não de adjuvante na calda herbicida (experimento 3).

Experimento 1

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático de Análises de Sementes (LDAS) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Utilizaram-se dois biótipos de arroz-vermelho, sendo um resistente e outro suscetível a herbicida inibidor da ALS, e duas cultivares de arroz, Puitá INTA CL e IRGA 417, resistente e suscetível, respectivamente. As sementes de arroz-vermelho resistente foram coletadas em lavoura comercial do município de General Câmara, RS, enquanto as sementes de arroz-vermelho suscetível, foram oriundas da Estação Experimental do Arroz (EEA) do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), no município de Cachoeirinha, RS.

As sementes foram submetidas a análise de germinação (G), primeira contagem da germinação (PCG), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA) e comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR).

Para quantificar a G foram semeadas quatro repetições de 50 sementes, sendo utilizados como substrato duas folhas de papel do tipo “germitest”, previamente umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso de papel seco, montados em rolos e mantidos em germinador a temperatura constante de 25°C. A avaliação foi realizada após 14 dias, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

A PCG foi avaliada aos sete dias após a instalação do teste de germinação, devido a testes preliminares evidenciarem pouca ou nenhuma porcentagem de plântulas normais aos cinco dias, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

O TF foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, distribuídas uniformemente em rolo de papel tipo “germitest” umedecido, previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida os rolos de papel foram colocados em sacos plásticos, os quais foram vedados e mantidos em câmara de BOD, regulada à temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante sete dias. Após esse período, os rolos foram transferidos para germinador e mantidas nas mesmas condições do teste de germinação, sendo avaliada a porcentagem de plântulas normais após sete dias (CÍCERO e VIEIRA, 1994).

O teste de EA foi realizado utilizando-se o método de gerbox, onde as sementes foram espalhadas em camada única sobre uma tela metálica suspensa dentro de caixas de gerbox, contendo 40 mL de água destilada ao fundo. Posteriormente as caixas foram tampadas e acomodadas em câmara BOD, a $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 96h (DELOUCHE e BASKIN, 1973). Após este período as sementes foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação e avaliados no sétimo dia, sendo os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

As variáveis CPA e CR foram determinadas a partir de quatro subamostras de 20 sementes para cada tratamento, sendo as sementes distribuídas desencontradas em duas linhas longitudinais e paralelas no terço superior do papel de germinação tipo “germitest”, umedecido a 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos de papel foram acondicionados em germinador a 25°C . A leitura foi realizada aos sete dias após a semeadura, com auxílio de régua graduada em milímetros, sendo medido o comprimento total e o comprimento da parte aérea de 10 plântulas normais escolhidas aleatoriamente. O comprimento de raiz foi determinado pela subtração do comprimento total pelo comprimento da parte aérea. Os comprimentos médios da parte aérea e da raiz foram determinados somando-se as medidas de cada repetição e dividindo pelo número de plântulas avaliado, conforme metodologia descrita por NAKAGAWA (1999).

Os dados foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade e posteriormente submetidos a análise de variância (teste F), e sendo significativa os dados foram comparados pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

Experimento 2

O experimento foi conduzido no LDAS/FAEM/UFPel, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo utilizadas 25 sementes em cada gerbox, os quais foram mantidos a temperatura constante de 25°C (BRASIL, 2009). Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial A x B x C, sendo o fator A composto por biótipos de arroz-vermelho (resistente e suscetível); o fator B por substratos (papel mata-borrão e areia esterilizada com granulometria de 0,5 – 0,8mm); e, o fator C por doses de 0, 15, 30, 45 e 60% da dose comercial do herbicida.

Foi utilizado o herbicida imazapir + imazapic (Kifix®), onde as doses foram preparadas a partir da dose recomendada (140 g ha⁻¹), adicionando-se óleo mineral Dash® em quantidade correspondente a 0,5% do volume total.

Para a execução dos testes, utilizaram-se caixas do tipo gerbox com papel ou areia. Para o papel mata-borrão, duas folhas foram colocadas em cada gerbox e após umedecidas a 2,5 vezes o peso seco do papel. Já a areia, utilizaram-se 350g umedecidas a 50% de sua capacidade de retenção, onde primeiramente 250g foram distribuídas em cada gerbox adicionando-se em seguida 3/4 da solução herbicida. Posteriormente a semeadura as 100g de areia restante foram utilizadas para cobrir as sementes, sendo umedecida com 1/4 da solução.

Realizaram-se contagens diárias até o décimo quarto dia, sendo consideradas germinadas somente as plântulas com protrusão da raiz primária superior a 2 mm e com presença de raízes secundárias, para o papel, e parte aérea bem desenvolvida para a areia. Aos sete dias foi realizada a primeira contagem da germinação (PCG), conforme descrito no experimento 1. A contagem de germinação (G) foi feita aos 14 dias (BRASIL, 2009). O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado segundo MAGUIRE (1962), através da seguinte fórmula:

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

onde: G1, G2 e Gn = número de plântulas germinadas na primeira, segunda, até a última contagem e N1, N2, Nn = número de dias desde a primeira, segunda, até a última contagem.

Os dados foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade e posteriormente submetidos a análise de variância (teste F), e sendo significativa, realizou-se teste “t” para os dados de substrato e biótipos e, para os dados de doses aplicou-se a equação exponencial não linear, representado pela equação:

$$y = ae^{-bx}$$

onde: y = variáveis resposta; a = valor máximo estimado para a variável resposta; b = inclinação da curva; x = dose do herbicida; e = constante, todos a 5% de probabilidade.

Experimento 3

O experimento foi conduzido no LDAS/FAEM/UFPel, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial A x B x C (fator A: biótipos de arroz-vermelho – resistente e suscetível; fator B: com ou sem óleo mineral; e, fator C: doses de 0, 10, 20, 30, 40 e 50% da dose comercial do herbicida).

O herbicida, o preparo das doses, o adjuvante e as variáveis avaliadas foram idênticas as descritas no experimento 2.

Os dados foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade e posteriormente submetidos a análise de variância (teste F), e sendo significativa, realizou-se teste “t” para os fatores biótipos e utilização de óleo e análise de regressão para o fator doses (conforme descrito no experimento 2), todos a 5% de probabilidade.

2.3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos estão apresentados separadamente na ordem que os estudos foram conduzidos.

Experimento 1

Verificou-se interação entre os biótipos estudados em todas as variáveis analisadas. Na primeira contagem de germinação, o arroz-vermelho resistente apresentou número de plântulas normais superior aos demais biótipos (tab. 1). O mesmo comportamento foi observado na germinação, embora nesta variável não tenha diferido da cultivar Puitá. Apesar das diferenças encontradas para a variável germinação, todos os biótipos apresentaram desempenho superior a 85%, acima do mínimo exigido para comercialização de sementes de arroz que é de 80% (BRASIL, 2005).

Tabela 1: Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de biótipos de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), e arroz Puitá INTA CL e IRGA 417. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Biótipos	PCG (%)	G (%)	TF (%)	EA (%)	CPA (cm)	CR (cm)
AVR	93 a ¹	96 a	91 a	90 A	7,9 a	13,1 a
AVS	70 b	87 b	77 b	75 c	6,0 b	13,4 a
Puitá	74 b	92 ab	80 b	91 a	4,2 c	11,5 a
IRGA 417	78 b	86 b	78 b	82 b	4,5 bc	12,2 a
CV (%)	6,7	3,7	4,7	3,9	13,6	7,3

¹Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De modo similar as variáveis anteriores, no teste de frio o biótipo arroz-vermelho resistente apresentou desempenho superior (tab. 1). Este teste é recomendado para diversas poaceas, sendo utilizado para avaliar o vigor das sementes, considerando que sementes resistentes a condições desfavoráveis são as mais vigorosas (CÍCERO e VIEIRA, 1994). Lotes de boa qualidade fisiológica devem ter um mínimo de 70 a 85% de plântulas normais no teste de frio (GRABE, 1976).

O teste de envelhecimento acelerado apresentou maior estratificação dos biótipos quanto ao vigor, onde a cultivar Puitá e o biótipo arroz-vermelho resistente tiveram maior porcentagem de plântulas normais, quando expostos a temperatura e umidade relativa elevadas (tab. 1). Os resultados obtidos concordam com estudos realizados em outras espécies, indicando o teste de envelhecimento acelerado como eficiente para separar lotes em relação ao vigor de sementes de soja (VIEIRA et al., 2004), sorgo (VANZOLINI e CARVALHO, 2002) e milho (TORRES, 1998), sendo também recomendado para a cultura do arroz como um dos testes de vigor mais eficientes.

Para comprimento de plântula, o biótipo arroz-vermelho resistente apresentou maior crescimento da parte aérea que os demais, enquanto que o Puitá teve o pior desempenho (tab. 1). Já, os biótipos avaliados não apresentaram diferença significativa no comprimento radicular (tab. 1). Os testes que avaliam o comprimento de plântula baseiam-se no fato de que as amostras que expressam os maiores valores são mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999). Isso ocorre provavelmente devido ao fato

das sementes mais vigorosas originarem plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário (DAN et al., 1987).

De modo geral, o arroz-vermelho resistente apresentou melhor desempenho que os demais em todas as variáveis analisadas, assim como o suscetível, quando analisado o comprimento de plântula. A provável causa disso está na habilidade competitiva, pois o rápido estabelecimento e a elevada estatura desta planta daninha, possibilita maior eficiência na captura da luz solar e, assim impor sombreamento à cultura (GARRITY et al., 1992).

Experimento 2

Verificou-se interação entre os fatores biótipos, substratos e doses de herbicida para todas as variáveis analisadas. Para a variável IVG, observou-se que o biótipo resistente foi superior ao suscetível em ambos os substratos, e em todas as doses, com exceção da dose zero, em que os biótipos não apresentaram diferença no substrato areia (tab. 2). No que se refere ao substrato, nota-se que no biótipo suscetível não houve diferença entre os substratos, excetuando a dose 30%, em que o substrato papel apresentou resultado superior. Entretanto, no biótipo resistente, em todas as doses, o substrato papel demonstrou maior IVG (tab. 2). O substrato areia foi o que proporcionou maior IVG em *Calotropis procera*, quando comparado com papel (SILVA et al., 2009). Já, dados obtidos em experimento com as espécies *Rhipsalis floccosa* e *Rhipsalis pilocarpa* demonstraram que o IVG foi maior em papel do que em areia para *R. floccosa*, ao passo que para *R. pilocarpa* não houve diferença entre os substratos (LONE et al., 2009). Da mesma forma, estudos conduzidos com *Spilanthes oleracea* e *Astronium concinnum*, utilizando diferentes substratos, não demonstraram diferença entre papel e areia para a variável IVG (HONÓRIO et al., 2011; SOUZA et al., 2012).

Tabela 2: Índice de velocidade de germinação (IVG) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Dose (%)	Substrato	Suscetível		Resistente
0	Papel	¹ *	5,77 ^{ns}	7,15 ^{ns}
	Areia	^{ns}	5,78	5,84
15	Papel	*	0,47 ^{ns}	3,52 ^{ns}
	Areia	*	0,41	1,02
30	Papel	*	0,39 [*]	2,12 [*]
	Areia	*	0,14	0,46
45	Papel	*	0,00 ^{ns}	1,51 ^{ns}
	Areia	*	0,03	0,41
60	Papel	*	0,00 ^{ns}	1,23 ^{ns}
	Areia	*	0,00	0,18
C. V. (%)		13,06		

¹ Médias na linha, dentro de cada dose, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, dentro de cada dose, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Analisando as doses, em cada substrato e biótipo, observou-se comportamento exponencial, onde o biótipo suscetível, em ambos os substratos, apresentou redução acentuada da variável IVG na menor dose herbicida testada (Fig. 1). Resultado similar foi observado para o biótipo resistente, no substrato areia, enquanto que no substrato papel esse efeito foi menos sensível. Uma das técnicas usadas para estimar o vigor das sementes é o índice de velocidade de germinação (IVG), sendo que quanto mais rápido a semente germina, maior o seu vigor (LIMA et al., 2005). Em estudo conduzido com sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson) com diferentes temperaturas e dois substratos, areia e papel, verificou-se que em geral o substrato papel promoveu maior IVG das sementes, em relação a areia (MACHADO et al., 2002). Ainda, sementes de arroz de sequeiro quando submetidas a estresse hídrico tiveram redução linear do IVG (SILVA et al., 2012).

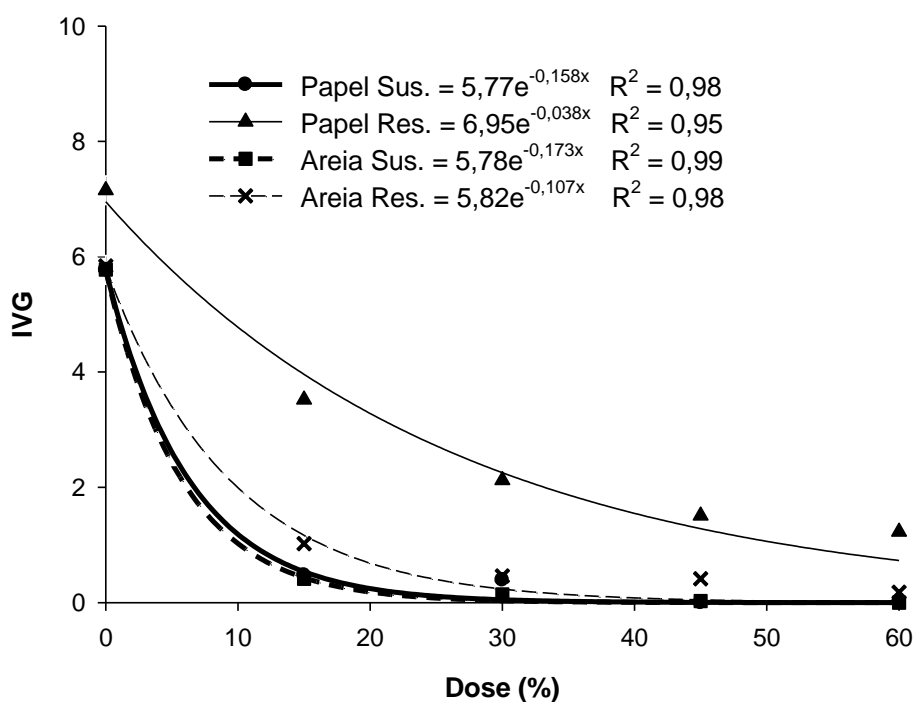


Figura 1: Índice de velocidade de germinação de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Na variável PCG, de maneira geral, o biótipo resistente apresentou maior porcentagem de plântulas normais, a exceção da dose zero e 60%, em que não se observou diferença entre os biótipos no substrato areia (tab. 3). No que se refere aos substratos, para o biótipo suscetível houve diferença apenas na dose zero, onde a areia gerou melhores resultados. No entanto, no biótipo resistente, diferenças foram observadas para as quatro doses testadas, onde o substrato papel foi o que proporcionou maior número de plântulas normais.

Tabela 3: Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Dose (%)	Substrato	PCG (%)		G (%)	
		Suscetível	Resistente	Suscetível	Resistente
0	Papel	¹ * 84 *	97 ^{ns}	* 87 *	97 ^{ns}
	Areia	^{ns} 97	98	^{ns} 97	98
15	Papel	* 9 ^{ns}	54 *	* 10 ^{ns}	68 *
	Areia	* 6	12	* 10	29
30	Papel	* 6 ^{ns}	32 *	* 9 *	45 *
	Areia	* 3	9	* 3	12
45	Papel	* 0 ^{ns}	28 *	* 0 ^{ns}	29 *
	Areia	* 0	5	* 1	11
60	Papel	* 0 ^{ns}	24 *	* 0 ^{ns}	26 *
	Areia	^{ns} 0	1	* 0	5
C. V. (%)		9,3		8,5	

¹ Médias na linha, dentro de cada dose e variável, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, dentro de cada dose, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Comportamento semelhante a PCG foi observado para a variável G tanto na comparação entre biótipos quanto entre substratos, salvo na dose de 60% que não foi suficiente para suprimir o total desenvolvimento do biótipo resistente, utilizando areia como substrato (tab. 3). Ainda, na dose 30% no biótipo suscetível, o substrato areia apresentou resultado inferior. Em estudos conduzidos com *Caesalpinia pelthophoroides* observou-se que o substrato areia não é o mais indicado (SCALON et al., 2003), contrariando resultados encontrados com sementes de *Schizolobium parahyba*, que não foi observado diferença na germinação em areia, vermiculita e esterco mais terra vegetal (COELHO et al., 2006).

A capacidade de retenção de água apresentada por cada substrato, aliada às características das sementes, que regulam o fluxo de água para seu interior, pode ter influenciado na porcentagem de germinação. A areia é um substrato que possui alta capacidade de drenagem, fazendo com que a água passe rapidamente para as camadas subsuperficiais, o que deixa a parte superior desse substrato ressecada.

Dessa forma, o processo de embebição de água das sementes pode ser diminuído. Essa capacidade de drenagem é em decorrência da estrutura física da areia, que apresenta alta porosidade e partículas de maior diâmetro, tendo menor eficiência na absorção de moléculas de água por causa da sua menor área superficial (REIS et al., 2002).

O fator doses para a variável PCG apresentou comportamento semelhante nos biótipos suscetíveis em ambos os substratos e no resistente quando semeado em areia, em que na dose de 15% tiveram o percentual de plântulas normais reduzidos a 9% em média, enquanto que o biótipo resistente semeado em papel apresentou queda mais lenta, mantendo na dose de 60% valores de plântulas normais em torno de 24% (Fig. 2). Assim como no PCG, a G do biótipo suscetível foi reduzida logo na menor dose herbicida (15%), e na última dose atingiu 0%, em ambos os substratos (Fig. 3). O biótipo resistente semeado em papel, assim como nas demais variáveis, apresentou queda menos acentuada que o semeado em areia, conforme as doses foram aumentadas.

Em sementes de feijão BRS expedito, expostos aos herbicidas pendimethalin, trifluralin e metolachlor utilizados para embeber o substrato de germinação, observou-se queda linear da germinação e primeira contagem de germinação até duas vezes a dose recomendada dos herbicidas (TIMM et al., 2007). Resultados de germinação de sementes das cultivares de soja transgênica CD-212RR ou convencional CD-216, com tratamentos de subdoses de glyphosate, demonstrou que a aplicação do herbicida nas sementes diminuiu a porcentagem de germinação, mesmo na cultivar transgênica (MELHORANÇA FILHO et al., 2011). Já em sementes de arroz da cultivar BRS 7 Taim, submetidas a diferentes temperaturas de armazenamento, apresentaram comportamento quadrático, com aumento, até aproximadamente 35 e 90% de plântulas normais na primeira contagem de germinação e germinação, respectivamente, com posterior queda (MARINI et al., 2012).

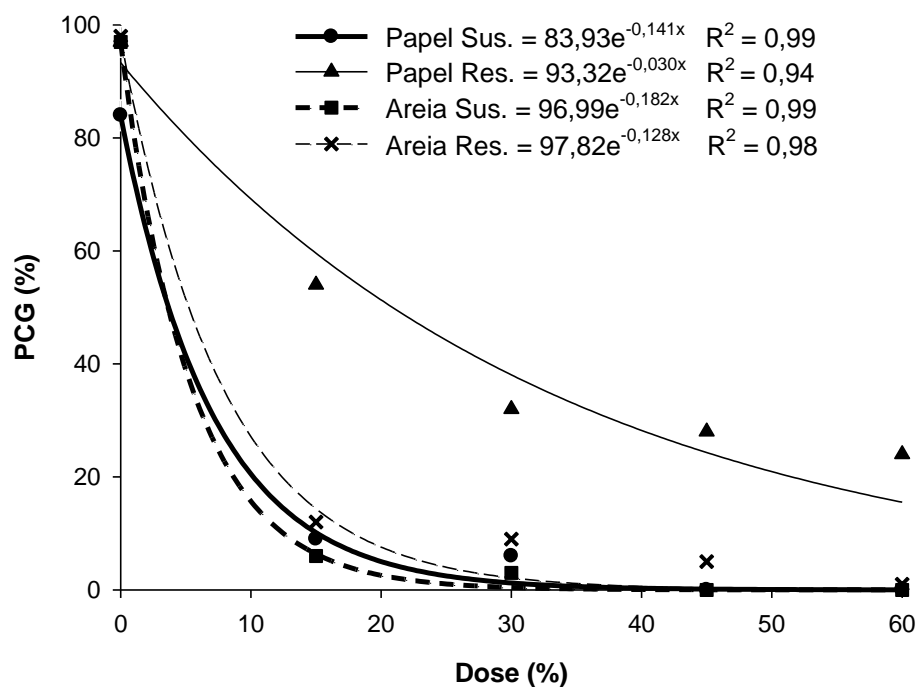


Figura 2: Primeira contagem de germinação de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

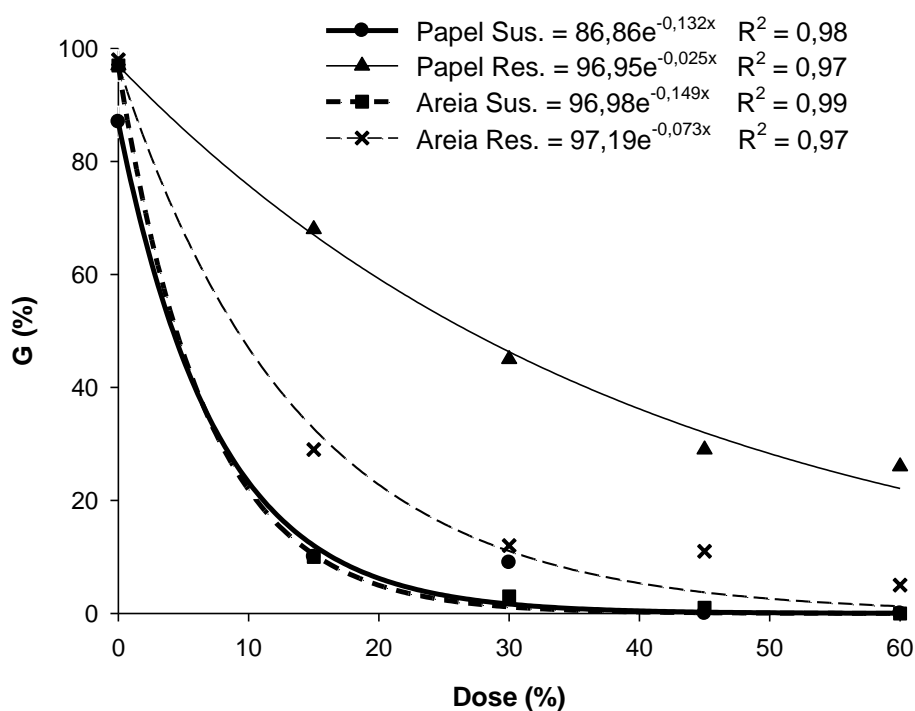


Figura 3: Germinação de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Experimento 3

Interação entre os fatores biótipos, utilização de óleo mineral e doses de herbicida foi verificada para todas as variáveis analisadas. A variável IVG em ambas as condições do adjuvante e em todas as doses apresentou redução no processo de germinação no biótipo suscetível comparativamente ao resistente (tab. 4). Ao analisar a adição do adjuvante, com exceção da dose zero, a utilização de óleo não influenciou na velocidade de germinação do biótipo suscetível, porém, no biótipo resistente, nas doses 20, 30, 40 e 50%, a utilização de óleo mineral reduziu significativamente o IVG.

Tabela 4: Índice de velocidade de germinação (IVG) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não óleo mineral. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Dose (%)	Adjuvante	Suscetível	Resistente
0	Sem	¹ * 6,54 *	7,65 ^{ns}
	Com	* 5,51	7,19
10	Sem	* 3,24 ^{ns}	6,26 ^{ns}
	Com	* 2,98	5,20
20	Sem	* 0,73 ^{ns}	6,00 *
	Com	* 0,56	4,74
30	Sem	* 0,30 ^{ns}	5,33 *
	Com	* 0,22	4,44
40	Sem	* 0,20 ^{ns}	5,01 *
	Com	* 0,05	3,87
50	Sem	* 0,11 ^{ns}	4,14 *
	Com	* 0,03	3,27
C. V. (%)		6,0	

¹ Médias na linha, dentro de cada dose, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, dentro de cada dose, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Os dados apresentados para IVG em relação as doses de herbicidas ajustaram-se ao modelo exponencial negativo (Fig. 4). O biótipo suscetível, independente da

adição ou não do adjuvante, apresentou redução mais acentuada da variável, como pode ser observado pelo valor exponencial da equação. O biótipo suscetível apresentou, em média, IVG abaixo do biótipo resistente, na última dose.

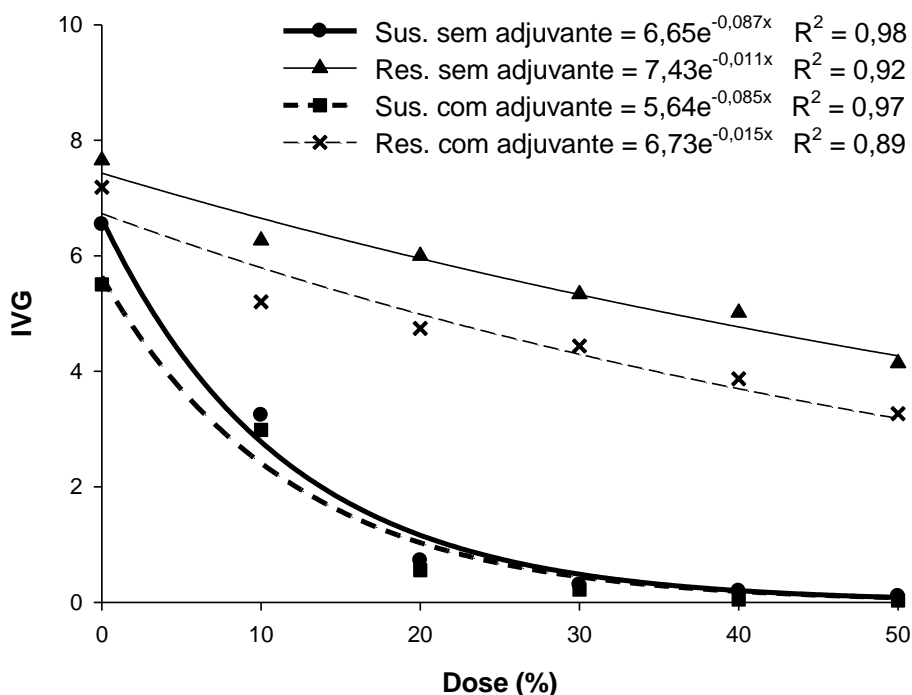


Figura 4: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não adjuvante. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Para PCG e G, observou-se que, em geral, o biótipo resistente apresentou maior taxa de plântulas normais em cada dose, independente da utilização de adjuvante na solução herbicida (tab. 5). Já, a adição de adjuvante aumentou a quantidade de plântulas mortas e anormais, na PCG, a excessão das doses 20 e 30% para o biótipo suscetível, e a dose zero para o resistente, as quais não apresentaram diferença. Resultado similar ocorreu para o biótipo resistente, para a variável G, ao passo que para o biótipo suscetível apenas nas doses 10 e 20%, a não adição de adjuvante aumentou a germinação.

Tabela 5: Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de biótipos de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Dose (%)	Adjuvante	PCG (%)		G (%)	
		Suscetível	Resistente	Suscetível	Resistente
0	Sem	¹ ns 96 *	98 ns	ns 98 ns	99 ns
	Com	* 74	95	ns 95	98
10	Sem	* 64 *	88 *	* 73 *	91 *
	Com	* 50	69	* 65	80
20	Sem	* 12 ns	72 *	* 18 *	88 *
	Com	* 10	65	* 11	76
30	Sem	* 7 ns	68 *	* 8 ns	79 *
	Com	* 5	60	* 7	69
40	Sem	* 4 *	64 *	* 5 ns	76 *
	Com	* 0	53	* 2	64
50	Sem	* 3 *	55 *	* 3 ns	69 *
	Com	* 0	49	* 1	56
CV (%)		5,9		4,9	

¹ Médias na linha, em cada dose, antecedidas por * ou ns diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, em cada dose, seguidas por * ou ns diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Para o efeito de dose, observou-se desempenho semelhante para PCG e G, tendo os dados apresentado comportamento exponencial negativo (Fig. 5 e 6). Para o biótipo suscetível, independente da presença do adjuvante, se verificou redução acentuada das variáveis, enquanto que o biótipo resistente demonstrou resposta menos expressiva ao uso de herbicida, como pode ser verificado pelo valor dos expoentes da equação. Na primeira contagem de germinação o biótipo resistente, na última dose (50% da dose comercial), teve desempenho superior em relação ao biótipo suscetível. Na variável germinação a diferença entre os biótipos se manteve. Vale ressaltar que a utilização de óleo proporcionou maior efeito do herbicida em todas as variáveis analisadas e em ambos os biótipos.

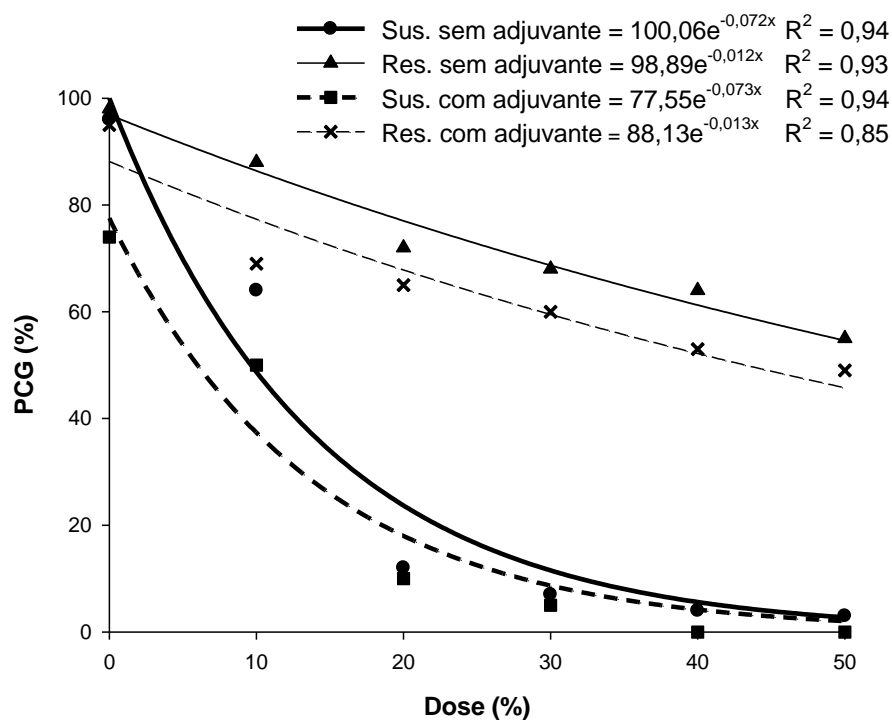


Figura 5: Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não adjuvante. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

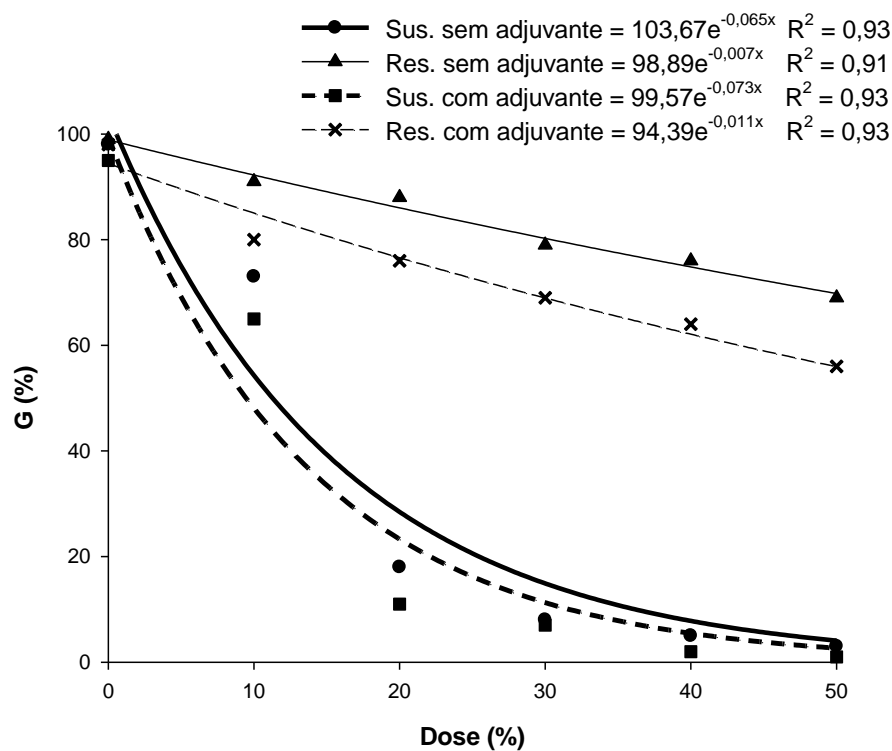


Figura 6: Germinação (G) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não adjuvante. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

Sementes de arroz, submetidas a estresse salino por NaCl, tiveram a PCG e G reduzidos conforme o aumento da concentração salina, no entanto o índice de velocidade de germinação não foi afetado (LIMA et al., 2005). Estudos com sementes de duas cultivares de arroz, onde foi aplicado no substrato o herbicida imazetapir em sete concentrações demonstram que conforme o aumento das doses, para ambas as cultivares, houve redução da PCG e G até 0% de plântulas normais nas últimas doses (SILVA et al., 2007). Sementes de feijão, postas para germinar em substrato umedecido com doses dos herbicidas pendimethalin, trifluralin e metolachlor, apresentaram redução linear das variáveis primeira contagem de germinação e germinação (TIMM, 2008). Ainda, sementes de arroz-vermelho submetidas a substrato umedecido com concentrações de extrato de *Philodendron bipinnatifidum*, demonstraram redução quadrática das variáveis índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação e germinação até a última dose do extrato (AUMONDE, 2012).

A escolha do substrato é extremamente importante pois ele influencia diretamente a germinação, em função principalmente de sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e propensão à infestação por patógenos, podendo favorecer ou prejudicar a germinação das sementes. Já, o adjuvante tem como função, quando adicionado à formulação ou à calda herbicida, aumentar a eficiência do produto ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação. Ainda, a dose de herbicida a ser utilizada irá depender, principalmente, da cultura e das espécies daninhas, além da textura e da matéria orgânica do substrato.

2.4. Conclusões

O substrato papel mata-borrão é o mais eficiente para a diferenciação de biótipos quanto a suscetibilidade.

A utilização de óleo mineral Dash® promove incremento na eficácia do herbicida imazapir + imazapic, independente do biótipo.

A concentração de 60% da dose comercial é a mais indicada, impedindo a germinação das sementes do biótipo suscetível.

3. CAPÍTULO II - Avaliação da Qualidade fisiológica e da dormência de sementes de biótipos de arroz cultivado e vermelho

3.1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa*) é cultivado em diversas condições ambientais, porém quando comparado a outras poaceas como o milho, é mais sensível às baixas temperaturas (OKUNO, 2003). A temperatura, no processo de germinativo, age sobre a velocidade de absorção de água e também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo e, em consequência, afeta tanto a velocidade e uniformidade, como a germinação. Esse processo só ocorre dentro de determinados limites de temperatura, nos quais existe uma temperatura ótima, ou faixa de temperaturas, na qual o processo ocorre com a máxima eficiência, obtendo-se o máximo de germinação no menor período possível (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A temperatura ideal para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 25 e 30°C (YOSHIDA, 1981). Temperaturas abaixo desse intervalo podem ocasionar estresse por frio, o qual é considerado um dos estresses abióticos mais importantes para o arroz. A ocorrência de frio na germinação e emergência é um dos principais problemas para o cultivo do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, já que a grande maioria das cultivares em uso é de origem tropical, onde, baixas temperaturas podem causar sérios danos no estabelecimento da lavoura, diminuindo a velocidade de germinação, e consequentemente o estande inicial, favorecendo o estabelecimento de plantas daninhas (CRUZ, 2001; FREITAS, 2005).

Além do estresse abiótico provocado pelas baixas temperaturas, as lavouras de arroz irrigado no Sul do Brasil, destaca-se o arroz-vermelho (*Oryza sativa*) como a

mais importante planta daninha, devido as perdas econômicas causadas à produção de arroz, tanto em produtividade como em qualidade, além da elevação dos custos de produção em função da necessidade de controle e os problemas operacionais na colheita, secagem e beneficiamento (EBERHARDT e NOLDIN, 2005).

O arroz-vermelho é de difícil controle nos sistemas convencionais de manejo químico, devido a similaridade fisiológica ao arroz cultivado, pois pertencem a mesma espécie. Além disso, populações de arroz-vermelho com características divergentes agravam sua infestação, dificultando as recomendações de manejo (NOLDIN et al., 1999; MENEZES et al., 2002). Outro fator que contribui para o aumento da diversidade nas populações, favorecendo o aparecimento de biótipos com comportamento e características similares às dos cultivares utilizados nas lavouras é a ocorrência de cruzamentos naturais (SCHWANKE et al., 2008). Esta espécie apresenta como característica a dormência de suas sementes, que é conhecida como um estágio fisiológico em que as sementes, mesmo viáveis, e sob condições ótimas para germinar, não germinam. As causas para esta condição podem estar relacionados à imaturidade do embrião, impermeabilidade da estrutura protetora da semente e presença de substâncias inibidoras. Antes que consigam germinar, as sementes dormentes devem passar por período de amadurecimento após a maturidade fisiológica, que se caracteriza por complexas reações enzimáticas e bioquímicas (ZIMMER, 2012).

Em arroz, a dormência é entendida como uma resistência à germinação pré e pós maturidade fisiológica (FOLEY e FENNIMORE, 1998), devido à sua exposição a um conjunto de condições ambientais estabelecidas entre a fase de maturação e colheita. A ocorrência de dormência nos estádios finais de amadurecimento é vantajosa para a planta, pois representa uma barreira à germinação da semente madura ou quase madura, quando ainda se encontra na planta mãe (BRYANT, 1989). Após o desligamento com a planta mãe, é mais seguro as sementes passarem pelos estresses do inverno como sementes do que como plântulas, sendo assim, os mecanismos de dormência das sementes são adaptações evolutivas para a sobrevivência das espécies (ZIMMER, 2012).

A ocorrência deste fenômeno pode ser um fator importante na infestação das lavouras por arroz-vermelho, pois a dormência não é comum a todas as sementes de uma planta, havendo distribuição dos níveis de dormência, fazendo com que a germinação ocorra distribuída no tempo, permitindo aos descendentes

experimentarem diferentes condições ambientais.

As causas da dormência em sementes de arroz-vermelho não estão bem definidas, e as técnicas utilizadas para a superação apresentam resultados diferenciados. Contudo, a dormência das sementes de arroz-vermelho decresce e a germinação aumenta conforme o tempo de armazenamento das sementes avança sob condições de baixas temperaturas e umidade relativa (NOLDIN e CHANDLER, 1997).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de herbicida do grupo imidazolinona na germinação e vigor de biótipos de arroz em diferentes temperaturas, e o tempo para superação da dormência de sementes de arroz-vermelho.

3.2. Material e Métodos

O estudo foi composto por dois experimentos. Inicialmente verificou-se a eficiência da metodologia para detecção de sementes de arroz resistente a herbicida do grupo químico das imidazolinonas, nas condições estabelecidas no capítulo anterior, em temperatura controlada e não controlada (experimento 1). Em seguida verificou-se o período de dormência de sementes de arroz-vermelho (experimento 2). O detalhamento da metodologia utilizada em cada experimento será apresentado na sequência.

Experimento 1

O experimento foi conduzido no LDAS/FAEM/UFPeL. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial A x B x C (fator A: biótipos – arroz-vermelho resistente e suscetível, Puitá INTA CL e IRGA 417; fator B: com ou sem herbicida; e, fator C: ambiente controlado e não controlado).

As sementes de arroz-vermelho resistente foram coletadas em lavoura comercial do município de General Câmara, RS, enquanto as sementes de arroz-vermelho suscetível, foram oriundas da Estação Experimental do Arroz (EEA) do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), no município de Cachoeirinha, RS. Foi utilizado o herbicida comercial Kifix® (imazapir + imazapic, WG 525 + 175 g kg⁻¹) a 60% (84g ha⁻¹) da dose recomendada em volume de calda de 120L ha⁻¹ acrescido de óleo mineral Dash®, em quantidade correspondente a 0,5% do volume total.

Para a condição de temperatura controlada os gerbox foram mantidos durante todo o período em germinador a 25°C, enquanto que para temperatura não controlada foram organizados em bancada com iluminação natural, porém sem incidência direta de raios solares, sendo as temperaturas máxima e mínima do ambiente verificadas diariamente com um termômetro digital (Anexo I). O experimento foi conduzido no mês de maio de 2013 e revalidado no mês de junho de 2013.

Para o teste de germinação, quatro repetições de 25 sementes foram semeadas em caixas do tipo gerbox contendo três folhas de papel mata-borrão, previamente umedecidos a 2,5 vezes a massa seca do papel (BRASIL, 2009). Realizaram-se contagens diárias até o décimo quarto dia, sendo a germinação realizada aos 14 dias (BRASIL, 2009), a primeira contagem de germinação aos sete dias, e o índice de velocidade de germinação calculado segundo MAGUIRE (1962), conforme descrito no experimento 2 do capítulo I. As plântulas foram consideradas germinadas somente com protrusão da raiz primária superior a 2 mm e com presença de raízes secundárias.

Os dados foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade e posteriormente submetidos a análise de variância (teste F), e sendo significativa, realizou-se teste “t” para os dados de condição e herbicida e, para os dados de biótipos teste de Tukey, todos a 5% de probabilidade.

Experimento 2

O experimento foi conduzido no LDAS/FAEM/UFPel. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis repetições. Os tratamentos contaram de épocas de avaliação – 0, 15, 30, 45 e 60 dias.

As sementes de arroz-vermelho utilizadas foram obtidas no Centro Agropecuário da Palma (CAP), UFPel, Capão do Leão, coletadas quando se encontravam na maturação de campo. Imediatamente após a colheita (época zero) procedeu-se com o teste de germinação, onde quatro repetições de 25 sementes foram semeadas em caixas do tipo gerbox contendo duas folhas de papel mata-borrão previamente umedecidos a 2,5 vezes a massa seca do papel e mantidas a temperatura constante de 25°C (BRASIL, 2009). Realizaram-se contagens diárias até o décimo quarto dia, sendo consideradas não dormentes aquelas com protrusão da raiz primária. Aos 14 dias foi realizada a contagem da germinação (G) (BRASIL, 2009), e aos sete dias a primeira contagem de germinação (PCG) das plântulas. O índice de

velocidade de germinação (IVG) foi calculado segundo MAGUIRE (1962), conforme descrito no experimento 2 do capítulo I.

Após o término do teste de germinação, realizou-se o teste de tetrazólio nas sementes não germinadas, restantes em cada gerbox a fim de confirmar a dormência através da viabilidade das mesmas, onde as sementes tiveram os embriões expostos através do seccionamento longitudinal do embrião. Logo após o corte, cada metade das sementes foi imersa em solução a 0,1% de sal de tetrazólio e levadas a câmara BOD a 37 °C durante duas horas para a reação. As avaliações foram feitas segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os dados expressos em porcentagem de sementes viáveis.

Nas duas primeiras épocas de avaliação (zero e 15 dias), houve elevada infestação por fungos, o que dificultou a condução dos testes, principalmente o tetrazólio, pois a grande maioria das sementes que não tinham seu processo germinativo iniciado nos primeiros dias, acabaram tomadas por fungos. Sendo assim, a partir dos 30 dias, optou-se por conduzir, em paralelo, o mesmo experimento com sementes tratadas com fungicida Derosal Plus® (carbendazin 150g L⁻¹), na dose de 2,5mL kg⁻¹ de semente.

Os dados foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade e posteriormente submetidos a análise de variância (teste F), e sendo significativa, aplicou-se a equação exponencial não linear, representado pela equação:

$$y = a(1 - e^{-bx})$$

onde: a = valor máximo estimado para a variável resposta; b = inclinação da curva; x = dose do herbicida; e = constante, para os dados sem fungicida e, os dados com fungicida foram comparados pelo teste Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

3.3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos estão apresentados separadamente na ordem que os estudos foram conduzidos.

Experimento 1

Verificou-se interação significativa para todas as variáveis analisadas nos experimentos realizados em maio e junho. Para o experimento conduzido em maio, a variável índice de velocidade de germinação, foi superior, em todos os biótipos testados e em ambas as condições, quando na ausência de herbicida, (tab. 6). Ao analisar a condição, os biótipos arroz-vermelho suscetível e IRGA 417, ao utilizar herbicida, não apresentaram diferença, visto que ambos apresentaram valor zero nesta variável, ao passo que os biótipos arroz-vermelho resistente e a cultivar Puitá INTA CL, tiveram valores mais altos quando em temperatura controlada. Já, sem a utilização de herbicida, todos os biótipos tiveram maior IVG em condição de temperatura controlada.

Tabela 6: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), Puitá INTA CL e IRGA 417 submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Maio de 2013. Capão do Leão.

Biótipos	Condição	Com Herbicida	Sem Herbicida
AVR	TC	¹ * 3,97 a *	6,49 a *
	TNC	* 1,62 A	3,14 A
AVS	TC	* 0,00 b ^{ns}	5,66 b *
	TNC	* 0,00 B	2,68 B
Puitá	TC	* 3,83 a *	6,46 a *
	TNC	* 1,47 A	3,03 A
IRGA 417	TC	* 0,00 b ^{ns}	6,79 a *
	TNC	* 0,00 B	3,02 A
C.V. (%)		7,2	

¹ Médias na linha, em cada biótipo, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, em cada biótipo, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letra minúscula ou maiúscula, na coluna, comparam biótipos em temperatura controlada e não controlada, respectivamente, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Quanto aos biótipos, ao utilizar herbicida, nas duas condições testadas o arroz-vermelho resistente e a cultivar Puitá INTA CL foram superiores no índice de velocidade de germinação, ao passo que, quando não utilizado herbicida apenas o

arroz-vermelho suscetível apresentou valores menores que os demais, em ambas as condições (tab. 6).

Na primeira contagem de germinação todos os biótipos, em ambas as condições, apresentaram número de plântulas normais superior quando não foi aplicado herbicida (tab. 7). Quando aplicado herbicida, os biótipos arroz-vermelho resistente e Puitá INTA CL tiveram melhor desempenho em temperatura controlada, enquanto que os biótipos arroz-vermelho suscetível e IRGA 417 não desenvolveram plântulas normais em ambas as condições. Não foi observado diferença entre os biótipos, nas condições testadas, quando não foi aplicado herbicida. Ainda, os biótipos resistentes, arroz-vermelho e Puitá INTA CL, tiveram desempenho superior, tanto em temperatura controlada quanto em temperatura não controlada, com aplicação de herbicida. Quando não foi aplicado herbicida, em temperatura controlada, o arroz-vermelho suscetível foi o que teve menor taxa de plântulas normais, ao passo que todos os biótipos tiveram igual desempenho quando não se controlou a temperatura.

Para a variável germinação observou-se que não houve diferença entre a utilização de herbicida apenas no arroz-vermelho resistente e Puitá INTA CL em temperatura controlada, sendo que nos demais, desempenho superior foi verificado quando não aplicou-se o herbicida (tab. 7). Como nas variáveis anteriores, quando da utilização de herbicida, apenas os dois biótipos suscetíveis a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas não apresentaram diferença entre a temperatura controlada e não controlada, isso porque em ambos os biótipos não houve formação de plântula normal. Já para os outros dois, arroz-vermelho resistente e Puitá, em temperatura controlada houve maior taxa de plântulas normais. No entanto, quando não se utilizou herbicida, não foi observada diferença entre as condições em nenhum dos biótipos.

Ainda, na germinação utilizando-se herbicida, o biótipo arroz-vermelho resistente foi significativamente superior aos demais ao controlar-se a temperatura, seguido do Puitá INTA CL. Porém, quando a temperatura não foi controlada, ambos os biótipos resistentes tiveram igualmente maior desempenho. Já sem herbicida, em temperatura controlada, não observou-se diferença entre os biótipos, ao passo que na temperatura não controlada, apenas o arroz-vermelho suscetível apresentou menor taxa de germinação (tab. 7).

Tabela 7: Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), Puitá INTA CL e IRGA 417 submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Maio de 2013. Capão do Leão.

Variável	Biótipos	Condição	Com Herbicida	Sem Herbicida
PCG (%)	AVR	TC	¹ * 61 a *	70 a ^{ns}
		TNC	* 24 A	67 A
	AVS	TC	* 0 b ^{ns}	58 b ^{ns}
		TNC	* 0 B	62 A
	Puitá	TC	* 55 a *	68 ab ^{ns}
		TNC	* 17 A	71 A
	IRGA 417	TC	* 0 b ^{ns}	75 a ^{ns}
		TNC	* 0 B	68 A
	C.V. (%)		13,0	
G (%)	AVR	TC	^{ns} 98 a *	96 a ^{ns}
		TNC	* 61 A	98 A
	AVS	TC	* 0 c ^{ns}	90 a ^{ns}
		TNC	* 0 B	84 B
	Puitá	TC	^{ns} 92 b *	95 a ^{ns}
		TNC	* 59 A	92 AB
	IRGA 417	TC	* 0 c ^{ns}	95 a ^{ns}
		TNC	* 0 B	94 AB
	C.V. (%)		5,8	

¹ Médias na linha, em cada biótipo, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, em cada biótipo, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letra minúscula ou maiúscula, na coluna, comparam biótipos em temperatura controlada e não controlada, respectivamente, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Para o experimento de validação, realizado no mês de junho, de modo similar ao observado no experimento realizado em maio, os quatro biótipos testados tiveram maior velocidade de germinação, tanto em temperatura controlada quanto não controlada, quando não foi aplicado herbicida (tab. 8). Os biótipos, de modo geral, apresentaram maior IVG em temperatura controlada, com exceção do arroz-

vermelho suscetível e IRGA 417, utilizando herbicida, que não apresentaram sementes germinadas.

Tabela 8: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), Puitá INTA CL e IRGA 417 submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Junho de 2013. Capão do Leão.

Biótipos	Condição	Com Herbicida	Sem Herbicida
AVR	TC	¹ * 4,23 a *	6,80 a *
	TNC	* 1,16 A	2,23 A
AVS	TC	* 0,00 c ^{ns}	5,56 b *
	TNC	* 0,00 B	1,87 B
Puitá	TC	* 4,00 b *	6,31 ab *
	TNC	* 1,24 A	1,97 B
IRGA 417	TC	* 0,00 c ^{ns}	6,06 ab *
	TNC	* 0,00 B	1,93 B
C.V. (%)		8,3	

¹ Médias na linha, em cada biótipo, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, em cada biótipo, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letra minúscula ou maiúscula, na coluna, comparam biótipos em temperatura controlada e não controlada, respectivamente, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

No que se refere a comparação entre os biótipos, no IVG, observou-se melhor desempenho do arroz-vermelho resistente em comparação aos demais, utilizando ou não herbicida, estando as sementes em temperatura controlada (tab. 8). Na condição de temperatura não controlada, quando se utilizou herbicida, os dois biótipos resistentes, arroz-vermelho e Puitá, tiveram maior germinação. Quando não se utilizou herbicida, o arroz-vermelho resistente apresentou maior taxa de germinação, sendo que os demais biótipos não diferiram entre si.

Na primeira contagem de germinação, comparando a aplicação de herbicida, observou-se que apenas os biótipos arroz-vermelho suscetível e IRGA 417, em ambiente controlado, apresentaram diferença, onde as sementes que não foram expostas ao herbicida tiveram maior taxa de plântulas normais (tab. 9). Não houve nenhuma plântula normal na temperatura não controlada, sendo assim, em todos os

biótipos, com e sem aplicação de herbicida, a temperatura constante de 25°C foi a que proporcionou maior taxa de primeira contagem de germinação. Analisando os biótipos, verificou-se que o arroz-vermelho resistente e Puitá apresentaram melhor desempenho, em temperatura controlada e com herbicida. Sem herbicida, o arroz-vermelho resistente apresentou porcentagem de plântulas normais significativamente superior aos demais.

Quanto a germinação, não foi observado diferença entre aplicação de herbicida para arroz-vermelho resistente e Puitá, ambos em temperatura controlada (tab. 9). Já, para as condições, obteve-se diferença apenas nos dois biótipos resistentes, com aplicação de herbicida. Verificou-se desempenho superior do arroz-vermelho resistente e Puitá em ambas as condições, com a aplicação de herbicida. Sem aplicação de herbicida, observou-se maior estratificação entre os biótipos na temperatura controlada, onde o arroz-vermelho resistente apresentou maior germinação em relação aos demais, ao passo que em condição não controlada, do arroz-vermelho resistente apresentou maior germinação, a exceção da cultivar Puitá INTA CL, a qual apresentou desempenho similar. A temperatura é um fator importante a ser considerado na germinação de sementes, pois pode influenciar tanto a porcentagem de germinação, quanto a sua velocidade final, sendo que cada espécie possui temperaturas máximas e mínimas para germinação ideal de suas sementes, acima e abaixo das quais, a germinação não ocorre (NEVES et al., 2009).

Em avaliação de temperatura subótima e ótima (13 e 25°C), na fase de germinação de biótipos de arroz (BRS-Agrisul, BRS-Chuí, Lemont e Oro), observou-se drástica redução do índice de velocidade de germinação sob baixa temperatura, bem como diminuição da porcentagem de plântulas normais dos quatro biótipos avaliados (MERTZ et al., 2009). Em trabalho conduzido com girassol (*Helianthus annuus*), também foi observada variação na germinação e velocidade de germinação conforme variação de temperatura (25; 27,5; 30 e 32,5°C) onde, neste estudo verificou-se que o aumento da temperatura exerceu influência negativa na germinação das sementes, já as temperaturas de 27,5 e 30°C foram as que proporcionaram maior velocidade de germinação (SANTOS e ZONETTI, 2009).

Tabela 9: Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de sementes de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), IRGA 417 e Puitá INTA CL submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. Junho de 2013. UFPel, Capão do Leão.

Variável	Biótipos	Condição	Com Herbicida			Sem Herbicida		
PCG (%)	AVR	TC	¹ ns	73	a *	75	a *	
		TNC	ns	0	A	0	A	
	AVS	TC	*	0	b ns	59	b *	
		TNC	ns	0	A	0	A	
	Puitá	TC	ns	69	a *	69	ab *	
		TNC	ns	0	A	0	A	
	IRGA 417	TC	*	0	b ns	67	ab *	
		TNC	ns	0	A	0	A	
	C.V. (%)		13,6					
	G (%)	AVR	TC	ns	100	a *	100	a ns
TNC			*	58	A	98	A	
AVS		TC	*	0	b ns	91	bc ns	
		TNC	*	0	B	88	B	
Puitá		TC	ns	93	a *	96	ab ns	
		TNC	*	61	A	89	AB	
IRGA 417		TC	*	0	b ns	88	c ns	
		TNC	*	0	B	86	B	
C.V. (%)		5,6						

¹ Médias na linha, em cada biótipo, antecedidas por * ou ns diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, em cada biótipo, seguidas por * ou ns diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letra minúscula ou maiúscula, na coluna, comparam biótipos em temperatura controlada e não controlada, respectivamente, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados semelhantes foram verificados quando avaliou-se diferentes temperaturas na germinação de crambe (*Crambe abyssinica*), sendo observado maiores taxas germinativas e velocidade de germinação em temperaturas entre 25 e 30°C, enquanto que nas temperaturas de 9 e 12°C não observou-se germinação e a velocidade de germinação foi zero (PILAU et al., 2012). Já, para sementes de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera* cv. Westar), verificou-se germinação em temperaturas inferiores, de 6°C e 10°C, sendo observada lentidão do processo germinativo,

demonstrando baixa porcentagem de germinação na menor temperatura (NYKIFORUK e JOHNSON-FLANAGAN, 1999). Ainda segundo os autores, temperaturas de 2°C e 6°C ocasionaram efeito deletério sobre a germinação de dois lotes de sementes, em função de retardo na mobilização de reservas.

Para milho-pipoca, estudo com cultivares (IAC 112, UFVM 2 e IAC Rubi), e temperaturas de germinação (10, 20, 25, 30 e 35°C), demonstrou maiores valores para a variável, na média das três cultivares, quando foram utilizadas temperaturas entre 10 e 30°C, no entanto, o maior índice de velocidade de germinação foi obtido na temperatura de 20°C (VAZ-DE-MELO et al., 2012).

Experimento 2

Os dados de índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação e germinação apresentaram significância estatística, tanto com as sementes tratadas quanto as não tratadas. Já, a viabilidade de sementes em ambos os testes não apresentaram significância.

Nas sementes não tratadas, observou-se que todas as variáveis apresentaram tendência exponencial. A medida que aumentou o tempo de armazenamento das sementes, houve acréscimo da velocidade e porcentagem de germinação e redução da dormência. O índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação e germinação aumentaram conforme o aumento do tempo de armazenamento, sendo o valor máximo estimado pelo modelo, para cada variável, de aproximadamente 3,64 para IVG, 63 e 80% para PCG e G, respectivamente, aos 60 dias (Fig. 7).

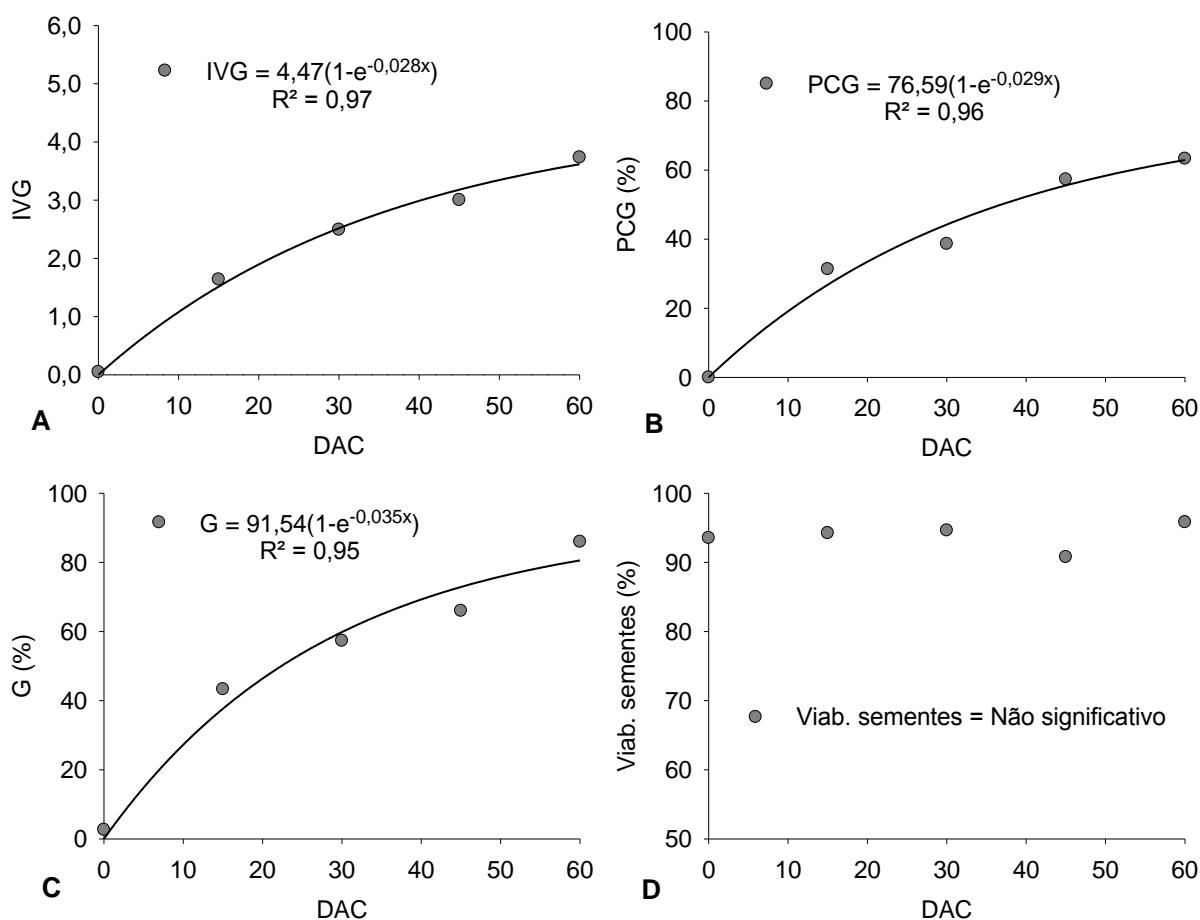


Figura 7: Índice de velocidade de germinação (A), primeira contagem de germinação (B), germinação (C) e viabilidade (D) de sementes de arroz-vermelho dormentes avaliadas em diferentes dias após a coleta (DAC), sem utilização de fungicida. Capão do Leão, 2013.

Nos dados das sementes tratadas com fungicida, observou-se que os maiores valores encontrados em, cada variável, foi aos 60 dias, com 3,72 para o índice de velocidade de germinação, 65% de plântulas normais na primeira contagem de germinação e 85% de germinação (tab. 10).

Tabela 10: Índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G) e viabilidade de sementes de arroz-vermelho dormentes por tetrazólio (TZ) avaliadas em diferentes dias após a coleta (DAC), utilizando fungicida. Capão do Leão, 2013.

DAC	IVG	% _____		
		PCG	G	Viabilidade (TZ)
30	¹ 2,37 c	43 c	58 c	90 ^{ns}
45	3,06 b	57 b	77 b	92 ^{ns}
60	3,72 a	65 a	85 a	92 ^{ns}
CV (%)	4,0	5,0	4,8	9,7

¹ Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{ns} = não significativo pelo teste F.

Para ambas as condições, sementes tratadas e não tratadas e, em todos os períodos analisados, a viabilidade foi 90% ou mais, sugerindo que aos 60 dias após a coleta as sementes ainda estavam com aproximadamente 10 e 5% de dormência, para não tratadas e tratadas, respectivamente, considerando o resultado do teste de tetrazólio.

A dormência em sementes de arroz apresenta ampla e complexa interação entre as suas causas, variando entre cultivares, lotes, sementes e de ano para ano, situações que dificultam o estabelecimento de um método único e eficiente para sua superação (MENEZES et al., 2009b). A intensidade da dormência das sementes de arroz interfere, diretamente, na eficiência dos tratamentos utilizados para sua superação (DIAS e SHIOGA, 1997). Ainda a dormência em sementes pode estar ligada a fatores fisiológicos (imaturidade do embrião, inibidores endógenos), mecânicos (impermeabilidade das membranas de proteção) e ambientais (SESHU e SORRELLS, 1986).

Em sementes de arroz-vermelho foram necessários 180 dias para que os dois biótipos estudados superassem a dormência e, apresentassem porcentagens de germinação superiores a 80% (VIDOTTO e FERRERO, 2000). Ainda, com sementes de arroz e arroz-vermelho, observou-se que tratamentos com embebição em água destilada, 0,1% de etileno chlorohydrin e 0,25% de hipoclorito de sódio a 40 °C tiveram eficiência na superação da dormência do cultivar Nato, ao passo que 0,1% de etileno chlorohydrin obteve a completa superação da dormência no arroz-vermelho com

glumas pretas. Para o arroz-vermelho casca-palha, todos os tratamentos de embebição, exceto água, foram eficientes na superação da dormência (LARINDE, 1979).

Em estudos com 16 biótipos de arroz-vermelho e 4 de arroz cultivado, avaliando-se o período de superação de dormência (30, 60, 90, 120 e 150 dias após a colheita), foi observado que aos 30 dias todos os biótipos apresentavam dormência em porcentagens que variaram entre 70 e 100%. Aos 60 dias apenas quatro biótipos de arroz-vermelho apresentaram superação da dormência, além dos quatro de arroz cultivado, sendo a germinação superior a 90%. Para o restante dos biótipos, foram necessários 150 dias para a superação da dormência (SCHWANKE et al., 2008).

Em pesquisa conduzida com *Leucaena leucocephala*, testando diversos métodos para superação de dormência, observou-se que o mais indicado foi escarificação com ácido sulfúrico por 10 minutos, onde obtiveram as maiores taxas de IVG, PCG e G com 22, 79% e 97%, respectivamente (OLIVEIRA, 2009). Com arroz-vermelho, três métodos para a superação da dormência foram testados, sendo embebição em solução de hipoclorito de sódio a 5% por 24 horas; embebição em solução de KNO₃ a 0,2% por 24 horas; embebição em água destilada a 40 °C por 24 horas e testemunha. Os resultados obtidos não encontraram diferença entre os tratamentos para a variável germinação, no entanto o tratamento com água destilada a 40°C proporcionou maior índice de velocidade de germinação (ARAUJO et al., 2012).

3.4. Conclusões

As sementes de arroz-vermelho suscetível e a cultivar IRGA 417 apresentam suscetibilidade ao herbicida do grupo químico das imidazolinonas, enquanto os biótipos arroz-vermelho resistente e Puitá INTA CL demonstram alta resistência a essa classe de herbicida.

A utilização de herbicida diminui a porcentagem de plântulas normais de todos os biótipos utilizados. O biótipo de arroz-vermelho resistente apresenta maior germinação e vigor que os demais, seguido do Puitá INTA CL.

Variações na temperatura de germinação, abaixo da considerada ótima, reduzem a germinação de sementes de arroz e arroz-vermelho.

As sementes de arroz-vermelho apresentam dormência, sendo que 60 dias após a coleta não é suficiente para a superação total desta condição.

4. CONCLUSÕES

A metodologia para detecção de sementes de arroz-vermelho resistente a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas é eficiente utilizando como substrato papel mata-borrão, sendo necessário adicionar adjuvante na calda para potencializar a ação do herbicida.

O uso de temperaturas constantes e próximas de 25°C, considerada ótima para a germinação de arroz, proporciona melhores resultados, principalmente na primeira contagem de germinação e na velocidade de germinação.

As sementes de arroz-vermelho apresentam dormência por período superior a 60 dias.

5. REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; MEROTTO JR., A.; VIDAL, R. A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v.31, n.2, p.341-349, 2001.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J. M. V. B.; TIRONI, S. P.; ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta daninha**, v.28, n.especial, p.993-1003, 2010.
- ARAUJO, F. S.; BRUNO, R. L. A.; BEZERRA, A. K. D.; SILVA, G. Z.; TOMAZ, A. M.; ALVES, I. T. F. Tratamentos pré-germinativos em sementes de arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.). In: **V Jornada Nacional da Agroindústria**, Bananeiras, 2012.
- AUMONDE, T. Z. **Ação de extratos vegetais no desempenho de sementes e plântulas de alface e arroz-vermelho**. 2012. 77f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- AYALA, L.; TILLMANN, M. A. A.; DOGE, L. B.; VILLELA, F. A.; MAGALHAES JR., A. M.; SILVA, M. P. Tetrazolium test for identification of transgenic rice seeds tolerant to herbicide. **Seed Science and Technology**, v.30, n.2, p.431-436, 2002.
- BASF. 2013. **BASF lança cultivar de arroz Clearfield® em Santa Maria (RS)**. Disponível em: http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt/content/APBrazil/news_room/release_s/12_08_2013. Acessado em: 20/09/2013.
- BECKIE, H. J.; FRIESEN, L. F.; NAWOLSKY, K. M.; MORRISON, I. N. A rapid bioassay to detect trifluralin resistant green foxtail (*Setaria viridis*). **Weed Technology**, v.4, n.3, p.505-508, 1990.
- BECKIE, H. J.; HEAP, I. M.; SMEDA, R. J.; HALL, L. M. Screening for herbicide resistance in weeds. **Weed Technology**, v.14, n.2, p.428-445, 2000.
- BEVILAQUA, G. A. P.; BONATO, E. R.; ROMAN, E. S. Identificação de soja tolerante a glyphosate através do teste de germinação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.3, p.261-265, 2000.

BOUTSALIS, P. Syngenta quick-test: a rapid whole-plant test for herbicide resistance. **Weed Technology**, v.15, n.2, p.257-263, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2005. **Padrões para produção e comercialização de sementes de arroz**. Anexo II (Instrução Normativa MAPA, nº 25 de 16/12/2005).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária/MAPA/ACS, 2009. p.395.

BRYANT, J. A. **Fisiologia da semente**. São Paulo: EPU, (Temas de Biologia, v.31), 1989. 86p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CÍCERO, S. M.; VIEIRA, R. D. Teste de frio. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.151-164, 1994.

COELHO, R. R. P.; SILVA, M. T. C.; BRUNO, R. L. A.; SANTANA, J. S. A. Influência de substratos na formação de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parayba* (Vell.) Blake). **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.149-152, 2006.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2013b. Arroz – Brasil. Série Histórica de: área, produtividade e produção. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em: 14/07/2013.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2012/2013 - Décimo Levantamento - Junho/2013 - Brasília: Conab, 2013a.

CROUGHAN, T. P. **Herbicide resistant rice**. Patent U.S., 5,773,704, 1998.

CRUZ, R.P. **Bases genéticas da tolerância ao frio em arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 155f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E. P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.9, n.3, p.45-55, 1987.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C.. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**. v.1, n.5, p.427-452, 1973.

DÉLYE, C.; MATÉJICEK, A.; GASQUEZ, J. PCR-based detection of resistance to acetyl-CoA carboxylase-inhibiting herbicides in black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds) and ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud). **Pest Management Science**, v.58, n.5, p.474-478, 2002.

DIAS, M. C. L. L.; SHIOGA, P. S. Tratamentos para superar a dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.1, p.52-57, 1997.

DURIGAN, J. C.; CORREIA, N. M. Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia de adjuvantes. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S (Ed). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 780p.

EBERHARDT, D. S.; NOLDIN, J. A. Dano causado por arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) em lavouras de arroz irrigado, sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26. Santa Maria. **Anais**. Santa Maria, p.184-186, 2005.

ELEFTHEROHORINOS, I. G.; VASILAKOGLU, I. B.; DHIMA, K. V. Metribuzin resistance in *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album* in Greece. **Weed Science**, v.48, n.1, p.69-74, 2000.

FAO. **International year of rice. 2004**. Disponível em: <http://www.fao.org/rice2004/en/speeches.html>. Acesso em: 14/07/2013

FLECK, N. G.; BALBINOT JR., A. A.; AGOSTINETTO, D.; VIDAL, R. A. Características de plantas de cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.97-104, 2003.

FOLEY, M. E.; FENNIMORE, S. A. Genetic basis for seed dormancy. **Seed Science Research**, v.8, n.2, p.173-182, 1998.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. M.; CUTRIM, V. A. **Ocorrência e duração da dormência em arroz de terras altas e várzea**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 54), 2001.

FONSECA, J. R.; FARIA, F. M.; CUTRIM, V. A. **Dormência de sementes de arroz-vermelho e branco**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 138), 2007.

FREITAS, D. A. C. **Desempenho da mesa termogradiante e avaliação de genótipos de arroz tolerante à baixa temperatura**. 2005. 40f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

GARRITY, D. P.; MOVILLON, M.; MOODY, K. Differential weed suppression ability in upland rice cultivars. **Agronomy Journal**, v.84, n.4, p.586-591, 1992.

GRABE, D. F. Measurement of seed vigor. **Journal of Seed Technology**, v.1, n.2, p.18-31, 1976.

HONÓRIO, I. C. G.; PINTO, V. B.; GOMES, J. A. O.; MARTINS, E. R. Influência de diferentes substratos na germinação de jambu (*Spilanthes oleracea* L. – Asteraceae). **Biotemas**, v.24, n.2, p.21-25, 2011.

LARINDE, M. A. **Seed maturation, development and release of dormancy in red rice**. 1979. 54f. Dissertation (Master of Science) – Mississippi State University.

LEITE, C. R. F.; ALMEIDA, J. C. V.; PRETE, C. E. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e agrônômicos dos herbicidas inibidores da enzima ALS (AHAS)**. Londrina: Edição do autor, 1998. 68p.

LILGE, C. G.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; DODE, L. B. Identificação de sementes de arroz transformado geneticamente resistente ao herbicida Glufosinato de Amônio. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.87-94, 2003.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LONE, A. B.; MOLO, C. X.; TAKAHASHI, L. S. A.; UNEMOTO, L. K. Germinação de sementes de *Rhizoglyphus* em diferentes substratos. **Scientia Agraria**, v.10, n.5, p.419-422, 2009.

LOPES, M. C. B.; COMORETO, R. C. M.; SANTOS, C. M.; FREITAS, P. R. S.; LEAL, C. Variabilidade morfológica dos grãos e identificação de arroz vermelho resistente ao herbicida Only em lavouras de arroz Clearfield. IN: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO. XXVII REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. SOSBAI. Pelotas. **Anais**. v.2, p.105-107, 2007.

MACHADO, C. F.; OLIVEIRA, J. A.; DAVIDE, A. C.; GUIMARÃES, R. M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cerne**, v.8, n.2, p.17-25, 2002.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005, 495p.

MARINI, P.; MORAES, C. L.; MARINI, N.; MORAES, D. M.; AMARANTE, L. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.722-730, 2012.

MELHORANÇA FILHO, A. L.; PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D. Efeito de subdoses de glyphosate sobre a germinação de sementes das cultivares de soja RR e convencional. **Bioscience Journal**, v.27, n.5, p.686-691, 2011.

MENEZES, N. L.; FRANZIN, S. M.; BORTOLOTO, R. P. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.7, n.1, p.35-44, 2009b.

MENEZES, V. G.; AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; SILVEIRA, C. A. Caracterização de biótipos de arroz-vermelho em lavouras de arroz no Estado do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.221-227, 2002.

MENEZES, V. G.; MACEDO, V. R. M.; ANGHINONI, I. **Projeto 10: Estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS**. Cachoeirinha, RS. IRGA. Divisão de Pesquisa, 2004, 32p.

MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; KALSING, A. I.; GOULART, I. C. G. R. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v.27, n.especial, p.1047-1052, 2009a.

MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F. Manejo de arroz-vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.16, n.1, p.45-57, 1998.

MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F.; DELATORRE, C. A.; CARMONA, R.; REZERA, F.; MARIOT, C. H. Dormência em sementes de biótipos de arroz vermelho. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. **Anais**. Porto Alegre: IRGA, p.268-271, 1995.

MEROTTO JR., A.; JASIENIUK, M.; FISCHER, A. J. Estimating the outcrossing rate of smallflower umbrella sedge (*Cyperus difformis* L.) using resistance to ALS-inhibiting herbicides and SRAP molecular markers. **Weed Research**, v.49, n.1, p.29-36, 2009.

MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; SOARES, R. C.; BALDIGA, R. F.; PESKE, F. B.; MORAES, D. M. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.254-262, 2009.

MIRANDA, D. M. **Bioensaios na detecção e quantificação de sementes de soja Geneticamente modificada resistente ao glifosato em amostras convencionais de sementes**. 2004. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSWIKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.24, 1999.

NEVES, J. M. G.; SILVA, H. P.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; MARTINS, E. R.; NUNES, U. R. Padronização do teste de germinação para sementes de pinhão-mansão. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.76-80, 2009.

NOLDIN, J. A.; CHANDLER, J. M. Viabilidade e dormência de sementes de ecótipos de arroz-vermelho em função do grau de umidade na colheita. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, p.443-446, 1997.

NOLDIN, J. A.; CHANDLER, J. M.; MCCAULEY, G. N. Red rice (*Oryza sativa*) biology. I. Characterization of red rice ecotypes. **Weed Technology**, v.13, n.1, p.12-18, 1999.

NYKIFORUK, C. L.; JOHNSON-FLANAGAN, A. M. Storage reserve mobilization during low temperature germination and early seedling growth in *Brassica napus*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.37, n.12, p.939-947, 1999.

OKUNO, K. Genetics and molecular biology research on cold tolerance of rice. In: INTERNATIONAL TEMPERATE RICE CONFERENCE. **Symposiums and conferences**. Punta del Este: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 2003.

OLIVEIRA, A. B. Influência de tratamentos pré-germinativos, temperatura e luminosidade na germinação de sementes de leucina (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit), cv. Cunningham. **Revista Caatinga**, v.22, n.2, p.132-138, 2009.

PILAU, F. G.; SOMAVILLA, L.; BATTISTI, R.; SCHWERZ, L.; KULCZYNSKI, S. M. Germinação de sementes de crame em diferentes temperaturas e substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.5, p.1825-1830, 2012.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREIRE, J. M.; LELES, P. S. dos S. BREIER, T. B. **Parâmetros técnicos para produção de Sementes Florestais**, Seropédica, EDUR/UFRJ, p.11-34, 2007

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985, 285p.

RAMÍREZ, H. B. **Polinização cruzada em arroz irrigado**. 2003. 125p. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência e Tecnologia de Sementes). Universidade Federal de Pelotas.

RAMSDALE, B. K.; MESSERSMITH, C. G. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. **Weed Technology**, v.15, n.3, p.485-491, 2001.

REIS, E. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIEIRA, L. B.; SOUZA, C. M.; FERNANDEZ H. C. Avaliação de contato semente-solo em um solo argiloso sob plantio direto, com diferentes teores de água no solo. **Engenharia na Agricultura**, v.10, n.1-4, p.205-237, 2002.

SANCHEZ-OLGUÍN, E.; ARRIETA-ESPINOZA, G.; ESPINOZA ESQUIVEL, A. M. C. Comparação do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do arroz-vermelho e variedades comerciais de arroz (*Oryza sativa*) da Costa Rica. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.13-27, 2007.

SANTOS, G. A.; ZONETTI, P. C. Influência da temperatura na germinação e desenvolvimento do girassol (*Helianthus annuus* L.). **Iniciação Científica CESUMAR**, v.11, n.1, p.23-27, 2009.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; ALMEIDA, K. A.; RIGONI, M. R. Efeito do álcool e substrato na germinação de sementes de sibipiruna (*Caesalpinia pelthophoroides* Benth.) colhidas no chão e retiradas da vagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.2, p.389-392, 2003.

SCHWANKE, A. M. L.; ANDRES, A.; NOLDIN, J. A.; CONCENÇO, G. PROCÓPIO, S. O. Avaliação de germinação e dormência de ecótipos de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.497-505, 2008.

SESHU, D. V.; SORRELLS, M. E. **Genetic studies on seed dormancy in rice**. Los Banos: IRRI, 1986. 390p.

SILVA, J. R.; MEDEIROS, M. A. A.; NASCIMENTO, I. J. B.; RIBEIRO, M. C. C.; NUNES, G. H. S. Temperatura e substrato na germinação de sementes de flor-de-seda. **Caatinga**, v.22, n.1, p.175-179, 2009.

SILVA, L. S.; SILVA, R. B.; VALADARES, R. N.; MATOS, V. P.; LIMA, C. F. Comportamento de semente de arroz sob diferentes potenciais osmóticos. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6, n.3, p.37-44, 2012.

SILVA, M. P.; VILLELA, F. A.; DODE, L. B.; MAGALHÃES JR., A. M.; TILLMANN, M. A. A. Detecção de sementes de arroz mutante tolerante ao herbicida imazethapyr. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.130-137, 2007.

SIMINSZKY, B.; COLEMAN, N. P.; NAVEED, M. Denaturing high-performance liquid chromatography efficiently detects mutations of the acetolactate synthase gene. **Weed Science**, v.53, n.2, p.146-152, 2005.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: SOSBAI, 2010.

SOUZA, F. B. C.; MENGARDA, L. H. G.; SPADETO, C.; LOPES, J. C. Substratos e temperaturas na germinação de sementes de Gonçalo-alves (*Astronium concinnum* Schott). **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6, n.3, p.76-86, 2012.

SOUZA, P. R.; FISCHER, M. M. Arroz vermelho: danos causados à lavoura gaúcha. **Lav. Arroz**, v.39, n.368, p.19-20, 1986.

TAN, S.; EVANS, R. R.; DAHMER, M. L.; SINGH, B. K.; SHANER, D. L. Imidazolinone-tolerant crops: History, current status and future. **Pest Management Science**, v.61, n.3, p.246-257, 2005.

TILLMANN, M. A. A.; WEST, S. H. Identification of genetically modified soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds resistant to glyphosate. **Scientia Agricola**, v.61, n.3, p.336-341, 2004.

TIMM, F. C. **Qualidade fisiológica de sementes, crescimento e partição de assimilados em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tratadas com herbicidas pré-emergentes**. 2008. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas.

TIMM, F. C.; BERALD, C. M. P.; SILVA, C. P.; DODE, J.; LIMA, M. G. S.; MENDES, C. R.; LARRÉ, C. F.; LOPES, N. F. Efeito de herbicidas pré-emergentes na germinação e vigor de sementes de feijão comum *Phaseolus vulgaris* L. In XVI CIC / IX ENPOS - UFPel, **Anais**. Pelotas/RS. 2007.

TORRES, S. B. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.55-59, 1998.

TUESCA, D.; NISENSOHN, L. Resistance of *Amaranthus quitensis* to imazethapyr and chlorimuron-ethyl. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.4, p.601-606, 2001.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.33-41, 2002.

VAZ-DE-MELO, A.; SANTOS, L. D. T.; FINOTO, E. L.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Bioscience Journal**, v.28, n.5, p.687-695, 2012.

VIDAL, R. A.; LAMEGO, F. P.; TREZZI, M. M. Diagnóstico da resistência aos herbicidas em plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.24, n.3, p.597-604, 2006.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. Resistência de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.) aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.367-374, 1999.

VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Germination behaviour of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. **Agronomie**, v.20, n.4, p.375-382, 2000.

VIEIRA, R. D.; NETO, A. S.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, v.61, n.2, p.164-168, 2004.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: The International Rice Research Institute, 1981. 269p.

ZIMMER, P. D. Fundamentos da qualidade da semente. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ed., rev. e ampl., Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, p.105-160, 2012.

6. ANEXOS

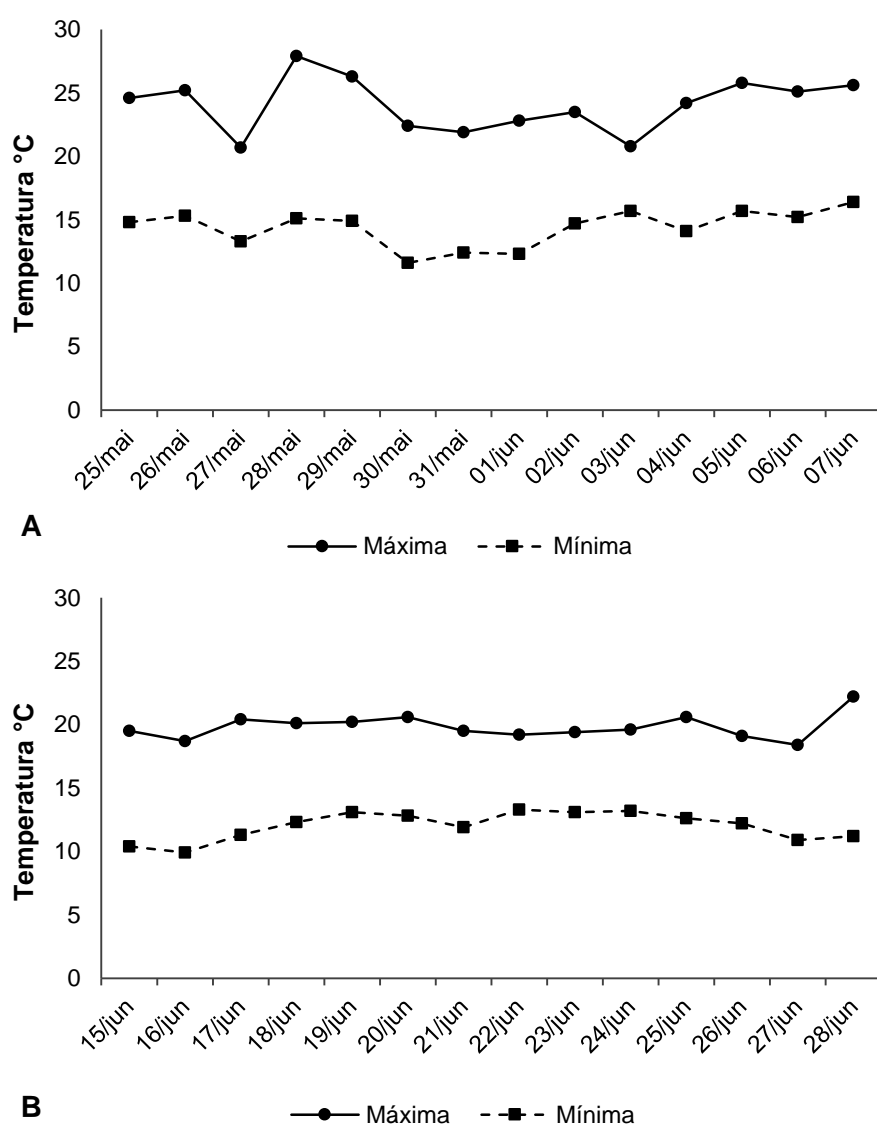


Figura 8: Avaliação da temperatura, efetuada diariamente, do experimento 1 em temperatura não controlada, capítulo II, em maio (A) e junho (B). Capão do Leão, 2013.